

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojná  
Katedra výrobných strojov a konštruovania

## **Semimobilná váha na váženie cestných vozidiel**

Semi-mobile Weighing Machine for Road Carriages  
Weighing

Študent:

Bc. Peter Brisuda

Vedúci diplomovej práce:

doc. Ing. Jiří Fries Ph.D.

Ostrava 2010

Místopřísežné prohlášení studenta:

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.

- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).

- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .....

.....

**Bc. Peter Brisuda**

Adresa trvalého pobytu diplomanta:

**Bc. Peter Brisuda**

**Malženice 356**

**919 29 Trnava, SR**

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

BRISUDA, P. Semimobilná váha na vážení cestných vozidiel : diplomová práca (pre firmu Tenzona Bratislava s.r.o.). Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojná, Katedra výrobných strojov a zariadení, 2010, 54 s. Vedúci práce Fries, J.

Diplomová práca spracováva návrh riešenia a výroby semimobilnej váhy pre váženie cestných vozidiel s kolesovým tlakom 50 kN. Na váhe sa budú vážiť vozidlá, ktoré svojou konštrukciou spĺňajú podmienky kladené normou DIN 8119. Práca v úvodnej časti podrobne spracováva problematiku váženia cestných vozidiel.

Následne je rozobraný konštrukčný návrh váhy, ktorý zahŕňa jak návrh ocelevej konštrukcie váhy, tak návrh váhy zo železobetónu s porovnaním oboch variant. Návrh ocelevej konštrukcie je spracovaný pomerne detailne so zreteľom na prevedené pevnostné výpočty. V prílohe sa nachádza výkresová dokumentácia váh.

## **ANOTATION OF THESIS**

BRISUDA, P. Semi - mobile weighing machine for road carriages weighing : Dissertation work (for Tenzona Bratislava s.r.o. firm). Ostrava, VSB – Technical university Ostrava, Faculty of mechanical engineering, department of manufacturing machines and construction, 2010, 54 s. work práce Fries, J.

Dissertation work processing suggestion of solution and production of semi-mobile weighing machine for road carriages weighing with wheel pressure 50 kN. On the weight will be measuring vehicles, which construction comply lay down conditions of DIN 8119 norm. Introduction of the work process detailed problems of weighing vehicles.

Consecutively is analyzing construction proposal of the weight, which included as suggestion of weight steel construction so weight suggestion from ferroconcrete, with comparing both variants. Suggestion of steel construction is process rather detailed regard to execute solidity results. In attachment be founded drawings documentation of weight.

## Obsah diplomovej práce:

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Súčasná priemyselná vážiaca technika .....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Váhy pre cestné vozidlá .....</b>	<b>10</b>
3.1	Snímače zaťaženia.....	17
3.1.1	Vážiaca jednotka .....	18
3.2	Vážne mosty .....	19
3.2.1	Betónové mosty .....	19
3.2.2	Oceľové mosty.....	20
3.3	Váženie cestných vozidiel .....	20
3.4	Váhy pre váženie cestných vozidiel za pohybu .....	21
3.5	Modernizácia mechanických váh.....	22
<b>4</b>	<b>Návrh oceľovej konštrukcie váhy .....</b>	<b>23</b>
4.1	Vážiaci most .....	23
4.2	Spodný rám váhy .....	29
4.3	Snímače zaťaženia váhy .....	31
<b>5</b>	<b>Výpočty základných konštrukčných častí a uzlov .....</b>	<b>33</b>
5.1	Statický výpočet zvaru platne snímača na šmyk a ohyb .....	33
5.2	Pevnostný výpočet nosného prierezu vážiaceho mostu .....	42
5.3	Výpočet ceny za použitý materiál na oceľovú konštrukciu váhy .....	46
<b>6</b>	<b>Návrh železobetónovej konštrukcie váhy .....</b>	<b>47</b>
6.1	Výpočet ceny za materiál železobetónovej konštrukcie váhy .....	47
<b>7</b>	<b>Porovnanie oceľovej a železobetónovej konštrukcie .....</b>	<b>48</b>
<b>8</b>	<b>Výroba váhy.....</b>	<b>48</b>
<b>9</b>	<b>Montáž cestnej semimobilnej váhy .....</b>	<b>50</b>
<b>10</b>	<b>Kalibrácia váhy.....</b>	<b>50</b>
<b>11</b>	<b>Záver .....</b>	<b>51</b>
<b>12</b>	<b>Zoznam použitej literatúry: .....</b>	<b>52</b>
<b>13</b>	<b>Prílohy:.....</b>	<b>54</b>

## Zoznam použitých skratiek

atď.	- a tak ďalej	
napr.	- napríklad	
tzv.	- tak zvané	
s.r.o.	- spoločnosť s ručením obmedzeným	
mat.	- materiál	
s.	- stránka	
č.	- číslo	
apod.	- a podobne	
max.	- maximálne	
cit.	- citácia	
PC	- počítač	
ČR	- Česká republika	
3D	- trojrozmerný priestor	
MKP	- metóda konečných prvkov	
CAD	- <u>C</u> omputer <u>A</u> ided <u>D</u> esign (Počítačom podporované konštruovanie)	
$\tau_s$	- šmykové napätie zvaru od posúvajúcej sily	[MPa]
F	- zaťažujúca sila	[N]
$S_{ZV}$	- obsah zvaru	[mm <sup>2</sup> ]
$\tau_{s\ DZV}$	- dovoľené šmykové napätie zvaru od posúvajúcej sily	[MPa]
$k_4$	- prevodný súčiniteľ podľa ČSN 05 0120	[ - ]
$\sigma_{Dt}$	- dovoľené napätie v ťahu	[MPa]
$R_e$	- medza klzu materiálu	[MPa]
$k_Z$	- bezpečnosť zvaru (volí sa v rozmedzí 1,5÷3)	[ - ]
$\tau_o$	- šmykové napätie zvaru od ohybového momentu	[MPa]
$M_o$	- ohybový moment	[N·m]
$W_{oZVx}$	- modul prierezu v ohybe smere osi x	[mm <sup>3</sup> ]
$\tau_{o\ DZV}$	- dovoľené šmykové napätie zvaru od ohybového momentu	[MPa]
L	- rameno ohybového momentu	[m]
$J_{SVx}$	- osový moment zotrvačnosti k ose x	[mm <sup>4</sup> ]
$J_{SVy}$	- osový moment zotrvačnosti k ose y	[mm <sup>4</sup> ]
L1	- rameno momentu zotrvačnosti k ose x	[m]
L2	- rameno momentu zotrvačnosti k ose y	[m]

# 1 Úvod

Zariadenia resp. prístroje pre meranie hmotností pomocou tiaže sú váhy. Pracujú na rôznych fyzikálnych princípoch. Váženie je jedným z najstarších a najrozšírenejších postupov meraní.

Cestné váhy patria do veľkej skupiny vážiacej techniky, ktorá sa nazýva priemyselná vážiaca technika. Trh priemyselnej vážiacej techniky v Českej republike je v oblasti diskontinuálnych váh (predovšetkým sa to týka váh pre cestné vozidlá) do značnej miery nasýtený. Ekonomické pomery, ktoré panujú v malých firmách, nedovoľujú pre nedostatok konštruktérov a vývojových pracovníkov nákladný vývoj rozsiahlych vážiacich systémov, o ktoré je v Českej republike záujem. Do centra pozornosti sa v posledných rokoch dostáva kontinuálna technika. Táto technika je určená pre automatizáciu výrobných procesov a je prevažne náročnejšia než obvyklé riešenie cestných váh, pretože nie zriedka vyžaduje unikátne riešenie elektroniky a mechanickej konštrukcie.

Priemyselná vážiaca technika nadobúda nové kvality s rozvojom číslicovej techniky a predovšetkým pokiaľ sa jedná o počítačovú a ďalšiu automatizačnú techniku, napr. inteligentné senzory. Okrem primárnej funkcie – váženie – sa priemyselná vážiaca technika stále častejšie uplatňuje v počítačových systémoch ekonomického riadenia podnikov a v najrôznejších technologických procesoch závislých na vážení. Význam cestnej dopravy surovín a materiálu vedie v súvislosti s dodržovaním pravidiel obchodného styku k nárastu potreby váženia automobilov a ich automatizovanému napojeniu na moderné informačné systémy podnikov k spracovaniu navážaných parametrov. [16] Spoľahlivosť a presnosť váhy vychádza z elementárnych stavebných prvkov, z ktorých je samotná váha zostavená. V súčasnosti sa na trhu nachádza veľmi mnoho spoločností, ktoré ponúkajú už hotové konštrukcie cestných váh, ktoré spĺňajú tie najprísnejšie normy pre váženie a predsa je potrebné jak z hľadiska ekonomického tak aj z hľadiska efektívneho váženia a variabilného použitia váhy pre váženie rôznych dĺžok a váživostí vyvíjať stále nové konštrukcie. Odberatelia sa čoraz častejšie obracajú na spoločnosti zaoberajúce sa návrhom a konštrukčným riešením váh, pretože tu nachádzajú kompletné a unikátne riešenia, ktoré by u autorizovaných predajcov váh márne hľadali. Výhodou je splnenie aj tých najnáročnejších podmienok kladených na konštrukciu, rozmerovú skladbu, bezporuchovú funkčnosť a stopercentnú spoľahlivosť váh. Zákazník si môže dovoliť dať vyrobiť váhy s netypickými parametrami, ktoré vyhovujú špecifickému účelu alebo miestu uloženia váhy. Tieto váhy sú určené pre ciachovateľné vážiace miesto a musia spĺňať požiadavky kladené Úradom pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo ČR. Nevýhodou je časová náročnosť výroby takejto váhy, čo u typizovaných váh nie je žiadna prekážka.

## 2 Súčasná priemyselná vážiaca technika

Priemyselnú vážiacu techniku je možné rozdeliť podľa dvoch hlavných kritérií. Prvým kritériom je spôsob váženia, druhým potom jeho účel. U najznámejšieho spôsobu váženia sa vážený, presne definovaný a ohraničený objekt nachádza na pevnej podložke – tzv. nosiči bremena. Odčítanie hmotnosti je možné po dosiahnutí pokojného stavu. Tento stav je charakterizovaný ustálením údajov o hmotnosti v danom časovom intervale. Typ váženia, pri ktorom sú objekty vážené jednotlivo alebo po častiach, sa nazýva váženie diskontinuálne.

Proces, pri ktorom je hmotnosť bremena meraná priebežne a udáva vo vzťahu k časovému intervalu (napr. t/h), sa nazýva váženie kontinuálne. Tento spôsob sa najčastejšie používa k meraniu veľkosti prietoku sypkých hmôt.

Podľa účelu váženia je možné, až na drobné výnimky, rozdeliť váhy do dvoch skupín. A to na váhy technologické a váhy určené pre obchodný styk. Technologické váhy obvykle bývajú súčasťou technologických procesov, ktoré sa používajú pri miešaní zmesí, navažovaní prísad atď. Váhy pre obchodné účely sú neoddeliteľnou súčasťou všetkých operácií, ktoré súvisia s kontrolou a obchodom. Tieto operácie sa vzťahujú k množstvám definovaným hmotnosťou.

U technologických váh býva maximálna povolená chyba váženia definovaná relatívnou chybou, ktorá sa vzťahuje k vážiacemu rozsahu a pohybuje sa v rozmedzí 0,1% až 5%. [1] Kalibrácia technologických váh a kontrola stálosti ich parametrov sú predovšetkým vecou ich užívateľov.

Váhy používané v obchodnom styku, v ekológii, zdravotníctve a iných odvetviach si vo väčšine vyspelých krajín štát vyhradzuje právo dohľadu nad ich metrologickými parametrami a používaním. V Českej republike sú všetky právne aspekty výroby a používania týchto meradiel definované Zákonom o metrologii. Tieto váhy patria do skupiny meradiel, ktoré sú označované ako Stanovené meradlá. Meradlá tejto skupiny podliehajú tzv. legálnemu metrologickému dozoru.

Konštrukcia a metrologické parametre nových typov váh, ktoré sú zaradené medzi Stanovené meradlá, musia byť preverené typovými skúškami vykonanými príslušnými metrologickými orgánmi. Parametre nových váh, ktoré sú uvádzané do prevádzky musia byť overované pri tzv. prvotných overeniach. Rovnaké overovania prebiehajú potom periodicky v intervaloch, ktoré sú stanovené príslušnými vyhláškami.

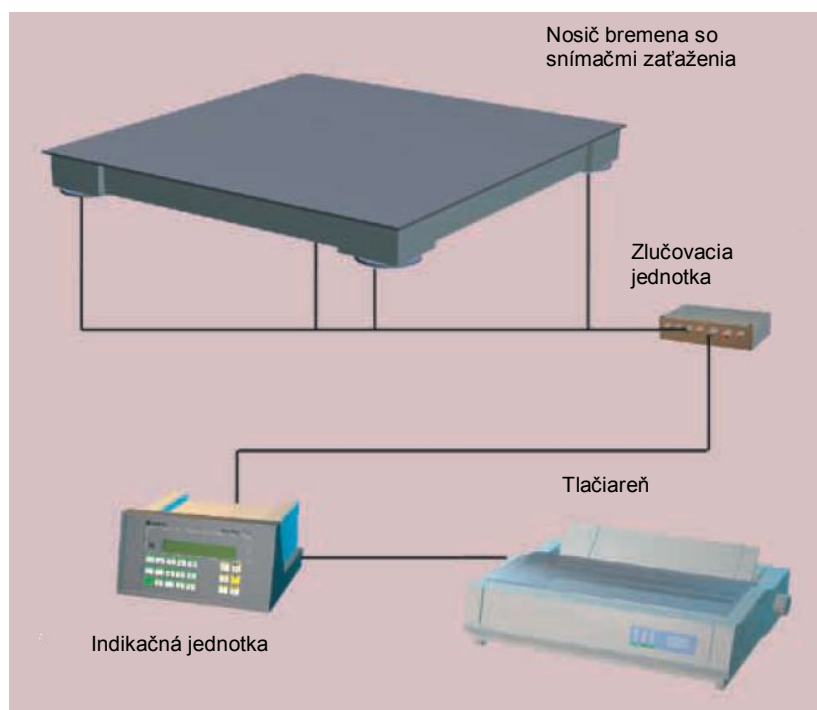
Prevažná väčšina váh, ktoré sa používajú v obchodnom styku patrí medzi váhy s neautomatickou činnosťou. Tieto váhy, ktoré vyžadujú zásah operátora behom



vážiaceho procesu, napr. behom naloženia alebo odstránenia meraného bremena z nosiča a tiež za účelom získania výsledku váženia. V európskej norme EN 45 501 s názvom Metrologické aspekty váh s neautomatickou činnosťou sú zhrnuté metrologické požiadavky kladené na statické váhy s neautomatickou činnosťou schopnej overenie. Tato norma bola spracovaná skupinou CEN (Comité Européen de Normalisation – Európska komisia pre normalizáciu) a CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique – Európska komisia pre normalizáciu v elektrotechnike). [1]

### 3 Váhy pre cestné vozidlá

Váhy tohto typu patria veľkej skupiny zariadení pre meranie hmotnosti, ktorú nazývame diskontinuálne váhy. Základom pre spoľahlivosť a presnosť diskontinuálnej váhy sú elementárne stavebné prvky, z ktorých je táto elektromechanická váha zostavená. Na obrázku č. 3.1 je zobrazený príklad typického usporiadania diskontinuálnej váhy.



Obr. č. 3.1 Príklad usporiadania diskontinuálnej váhy [1]

Jednotlivé elementy váhy nadobúdajú rôzne formy a funkcie podľa typu aplikácie. Principiálne je ale možné definovať ich charakteristické usporiadanie nasledovne:

- a) Vážený predmet je umiestnený na nosiči bremena, ktorého rozmery a tvar sú prispôsobené tomuto predmetu. V prípade váženia kusového tovaru sa obvykle používajú rôzne plošiny. Celé cestné alebo koľajové vozidlá sa vážia na jednom alebo niekoľkých mohutných vážnych mostoch a pre

kvapaliny a sypké materiály sú určené vážiace zásobníky. Pre špeciálne aplikácie sú obvykle konštruované vážiace zariadenia, ktoré sa od vyššie popísaných klasických váh niekedy značne líšia.

- b) Prvky umožňujúce centrované, axiálne a bezmomentové zavedenie sily z nosiča alebo nosičov bremena do snímačov zaťaženia nazývame najčastejšie ložiská. Nemenej dôležité sú aj prvky, ktoré eliminujú horizontálne pohyby bremena a ich prípadné klopenie (obr. č. 3.2).



Obr. č. 3.2 Uloženie snímača zaťaženia typu VKN [1]

- c) Prevod mechanického zaťaženia na elektrický signál vykonávajú najčastejšie snímače zaťaženia.
- d) Pre vyhodnocovanie a zobrazovanie nameraných údajov o hmotnosti vrátane ďalších doplnkových informácií sa používajú vážiace a automatizačné elektronické jednotky, ktoré sa často nazývajú jednotky.

Váhy pre cestné vozidlá sú určené pre výrobné a obchodné prevádzky, ďalej pre práce súvisiace s ťažbou nerastov, ukladanie a spracovanie odpadov a všade tam, kde je potreba priebežne a presne zisťovať celkové hmotnosti vozidiel a tým aj kontrolovať, evidovať a archivovať skutočné hmotnosti prepravovaného materiálu a produktov. Rôzne druhy zbožia sú najčastejšie vážené už pri vstupe či výstupe z podniku priamo na ložných plochách cestných vozidiel. Váhy vyrábané pre tieto účely nazývame tiež mostové váhy. Tieto váhy sú veľmi rozšírené a ich používanie tvorí neoddeliteľnú súčasť rôznych obchodných transakcií. Váhy pracujú na princípe prenosu zvislých síl do tenzometrických snímačov s následným spracovaním údajov vo vyhodnocovacej jednotke, prípadne v pripojenom PC. Tak ako u ostatných typov váh býva aj u moderných cestných váh proces váženia doplnený o zber a spracovanie dát, riadené plnenie vozidiel a často sú tieto váhy začleňované do rozsiahlejších vážnych systémov. Výsledkom váženia je vážny lístok

alebo údaj zobraziteľný na displeji, prípadne spracovaný údaj o hmotnosti uložený v nariadenom počítači.

Cestné váhy môžu byť koncipované ako :

- Nadúrovňové (obr. č. 3.2a)
- Mobilné (obr. č. 3.2b)
- Nápravové (obr. č. 3.2c)
- Prejazdové (obr. č. 3.2d)
- Zapustené (obr. č. 3.2e)



Obr. č. 3.2a Nadúrovňová cestná váha



Obr. č. 3.2b Mobilná cestná váha [17]



Obr. č. 3.2c Nápravová cestná váha [8]



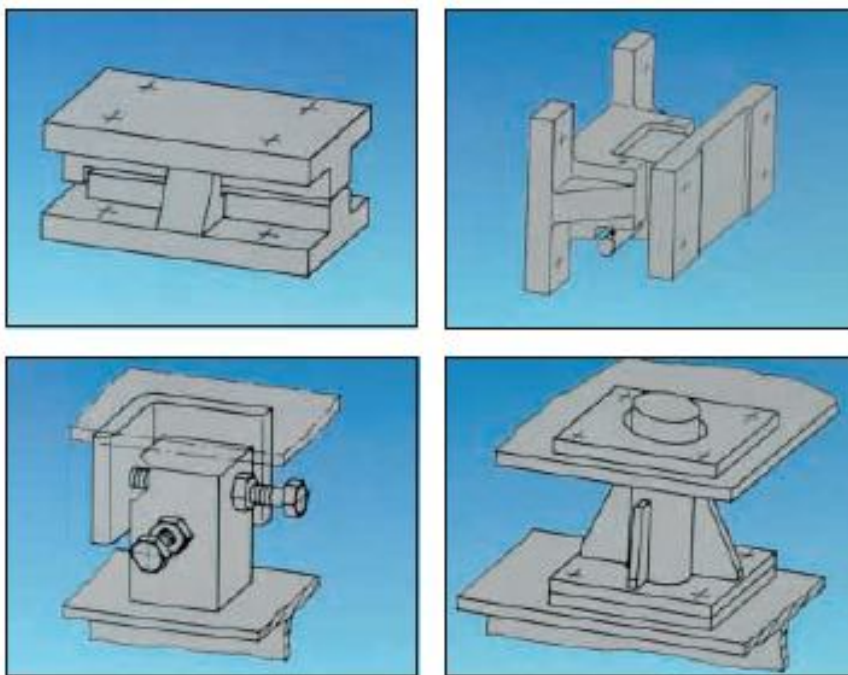
Obr. č. 3.2d Prejazdová cestná váha [17]



Obr. č. 3.2e Zapustená cestná váha [8]

Váhy v nájazdovom prevedení, ktoré nie sú súčasťou komunikácie, blokujú príjazdové trasy a preto komplikujú celú prevádzku podnikov. Prednosťami váh tohto typu je, že majú menšie stavebné náklady a ich výstavba je rýchlejšia a jednoduchšia ako napr. u váh zapustených. To je však v mnohých prípadoch málo, pretože v každodennej prevádzke sú tieto váhy omnoho problematickejšie než váhy zapustené, ktoré je možné prevádzkovať takmer bez údržby. U bežných vážnych mostov sa rozmery pohybujú v rozmedzí 8 x 3 m až 22 x 3 m. Za európsky štandard sa vo všeobecnosti môže považovať rozmer 18 x 3 m. Váživosť cestných váh sa pohybuje v rozmedzí 30 až 60 t.

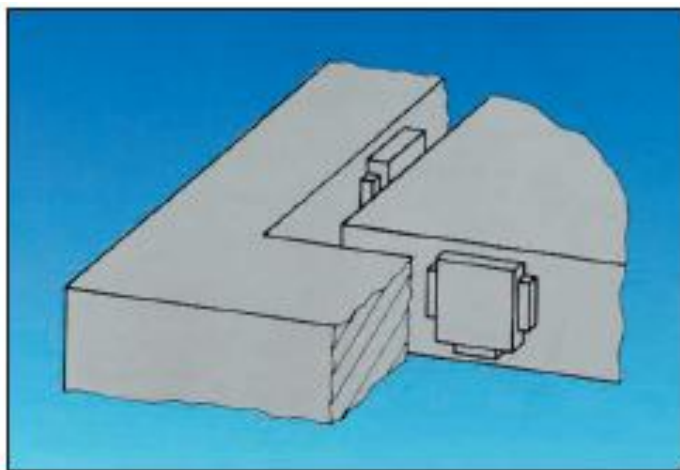
Pri konštrukcii cestných váh sa zvláštna pozornosť kladie na obmedzenie a tlmenie horizontálnych prípadne klopných síl vznikajúcich pri rozbehu a brzdení vozidiel. Ako je vidieť na obrázku č. 3.3 sa používajú rôzne prvky pre zabezpečenie potrebnej vôle nosiča bremena.



Obr. č. 3.3 Mechanické prvky pre obmedzenie horizontálnych a klopných síl [1]



Možným riešením zabezpečenia je použitie elastomerových dosiek (obr. č. 3.4), ktoré sa s výhodou používa predovšetkým u vážnych mostov betónových konštrukcií. V tomto prípade je možné potrebnú vôľu nosiča bremena meniť vkladáním vymedzovacích podložiek z nerezového plechu.

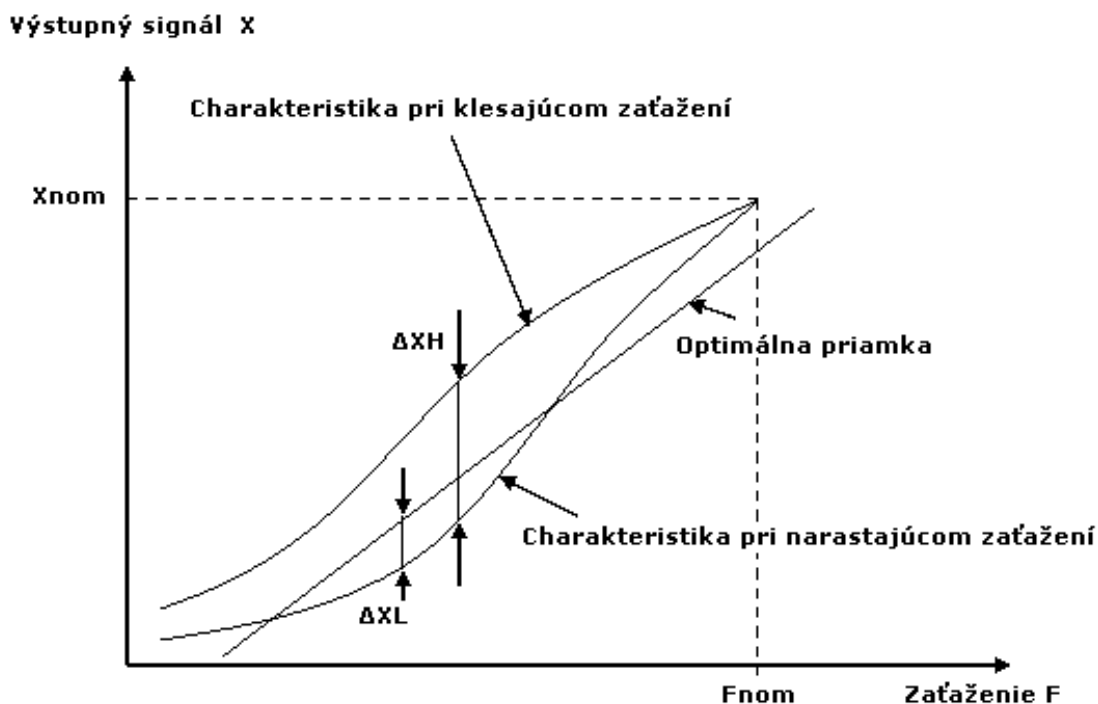


Obr. č. 3.4 Obmedzenie pohybu vážneho mostu pružnými dorazovými doskami [1]

Pri výrobe a montáži mechanickej časti cestnej váhy je základným problémom dodržanie rozmerov a predovšetkým celkovej rovinnosti. Všetky odchýlky sa neskôr prejavujú komplikáciami pri kalibrácii váhy a overovaní metrologických parametrov. U váh s deformovanými mostmi nie je možné vyrovnať rohové nesymetrie, čo spôsobuje, že váha váži predmet o rovnakej hmotnosti v každom mieste nosiča bremena inak.

V bežnej prevádzke prechádzajú po váhe znečistené vozidlá a to má za následok, že pri častých prejazdoch dochádza k zanášaniu vážneho mostu a špáry medzi mostom a vaňou. Nalepovaním nečistôt na váhu dochádza k značnému zvyšovaniu tzv. mŕtvej hmotnosti vážneho mostu a následkom toho môže dôjsť k prekročeniu povoleného rozsahu nulovania váhy (u váh s neautomatickou činnosťou je stanovený na 4 % vážneho rozsahu). Z toho vyplýva, že váhu nezaťaženú bremenom už nie je možné vynulovať. Avšak ešte nebezpečnejšie je zanášanie obvodovej špáry, pri ktorom môže dôjsť k zníženiu nevyhnutnej vôľ nosiča bremena alebo dokonca v extrémnych prípadoch k jeho zablokovaniu. Váha v týchto prípadoch potom obvykle vykazuje značnú chybu linearít a hysterézie. Chyba linearít ( nelinearita ) je maximálna odchýlka prevodovej charakteristiky snímača od optimálnej priamky pri narastajúcom zaťažení. Udáva sa v % nominálneho rozsahu. Definícia nehovorí o spôsobe stanovenia optimálnej priamky. Existuje viacero metód jej určenia ale v praxi sa používa výpočet metódou najmenších štvorcov z nameraných hodnôt prevodovej charakteristiky. Definícia nelinearity je načrtnutá na obr. č. 3.5. Vypočíta sa podľa vzťahu:  $NL = \Delta XL / X_{nom} \cdot 100\%$ . Chyba hysterézie je maximálna odchýlka medzi charakteristikami snímača medzi narastajúcim a

klesajúcom zaťažení vztiahnutá k nominálnemu rozsahu. Definícia hysterézie je načrtnutá na obr. č. 3.5 a vypočíta sa podľa vzťahu :  $H = \Delta XH / X_{nom} * 100\%$ . [11]



Obr. č. 3.5 Definícia hysterézie a nelinearity [11]

Aby sa predchádzalo podobným chybám je nutné pravidelné a dôkladné čistenie vážneho mostu a obvodovej špáry. Patrí to k základným prvkom údržby cestných váh.

Typické usporiadanie cestnej váhy je zrejmé z obr. č. 3.6. Vyhodnocovacia vážiaca jednotka, tlačiareň a vážiaci procesor bývajú často doplnené svetelnými semaformi s červeným a zeleným svetlom z oboch strán príjazdu k vážnemu miestu pre riadenie plynulosti a zvýšenie bezpečnosti prevádzky na váhe a príľahlej komunikácii, snímačmi magnetických kariet pre identifikáciu vozidiel, kamerovými systémami a rampami pre monitorovanie vážiaceho procesu, komunikačnými zariadeniami, ktoré umožňujú spojenie – hlasovú komunikáciu medzi vodičom vážneho automobilu a obsluhou váhy a výrazne tiež prispieva ku zvýšeniu užívateľského komfortu celého vážneho systému.



Obr. č. 3.5 Principiálna schéma systému cestnej váhy [1]

Takéto usporiadanie býva často nahradené modernejším a hlavne úspornejším riešením, kde vyhodnocovacia jednotka je priamo integrovaná v osobnom počítači a „alibi“ tlačiareň (tlačiareň tlačí pri každom vážení a podlieha metrologickému dozoru) je nahradená špeciálnym tzv. chráneným softwarom. Tento software umožňuje zameniť povinnú klasickú tlač za spoľahlivejšiu archiváciu priamo na disku osobného počítača.

Táto oblasť je pri pravidelnom overovaní metrologických parametrov (u cestných váh je stanovená platnosť overenia na 2 roky) obstaraná štátnymi overovacími značkami – pečaťami, ktoré bránia akejkolvek manipulácii v tejto časti vážiaceho systému.

„Alibi“ tlačiareň, ktorej použitie je v niektorých európskych krajinách povinné, tlačí prvotný protokol o každom vykonanom vážení. Je dodávaná v dvoch variantoch – ako blízka tlačiareň alebo vzdialená tlačiareň. Vzdialená tlačiareň je vybavená spätnou väzbou, ktorá pri poruche tlače zablokuje celý vážny systém. U blízkej tlačiarne je obsluha povinná po každom vážení overiť zhodnosť údajov vyhodnocovacej jednotky a vykonanej tlače. V Českej republike je používanie „alibi“ tlačiarne iba doporučené.

Nosič bremena, prvky pre zavedenie zaťažovacej sily, snímače zaťaženia, vyhodnocovacia jednotka, prípadne tlačiareň a ďalšia zobrazovacia jednotka patria do tzv. chránenej oblasti podliehajúcej legálnemu metrologickému dozoru. Nariadenie Rady Európy 90/384/EEC z 20.6. 1990 obsahuje niektoré zásadné požiadavky na ochranu proti zmenám, manipulácii, alebo podvodnému zneužitiu váh s neautomatickou činnosťou – NAWI (Non Automatic Weighing Instrument).[2] Tieto požiadavky sa vzťahujú a musia byť aplikované aj na programové vybavenie, ktoré riadi činnosti týchto zariadení.

V dnešnej dobe sa na ovládanie riadiacej jednotky váhy používa tzv. nadstavbový vážny systém. Je to nadriadené programové vybavenie, ktoré obsahuje program na ovládanie váhy pre osobné počítače. Táto aplikácia umožňuje váženie, zber, evidenciu a vyhodnocovanie údajov na cestnej váhe. Program býva dodávaný ako súčasť vážnych systémov určených pre váženie cestných vozidiel. Okrem štandardných vážnych funkcií umožňuje ďalšie rozsiahle spracovanie údajov podľa bežných požiadaviek prevádzkovateľov. Výnimočnosťou je, že môže vytvárať samostatne číslované vážne lístky alebo dodacie listy pre viac prevádzok alebo firiem, priamo v spojení s fiškálnym modulom tlačiť príjmový pokladničný doklad z registračnej pokladne, a vytvárať doklady o vážení v cudzích jazykoch, čo je využiteľné v hraničných oblastiach alebo vo firmách so zahraničnou spoluúčasťou. Váhy bývajú taktiež vybavené výstražným systémom, ktorý detekuje a indikuje (napr. 120 dB sirénou a červenými výstražnými svetlami) všetky nekorektné prejazdy cez dynamickú váhu. Praktickým zariadením je neodmysliteľne vonkajší display umožňujúci zobrazovať odmeranú váhu aj pre vodičov automobilov a kontrolu mimo centrály.

Počet váh, ich umiestnenie vzhľadom ku komunikácii a vážnemu domčeku, proces váženia a celková koncepcia vážneho systému sú závislé na miestnych podmienkach. Veľká pozornosť pri projektovaní zástavby mechanickej časti cestnej váhy sa kladie na návrh optimálneho priestorového usporiadania polohy váženého vozidla a stanovište obsluhy váhy tak, aby umožňovalo rýchlu komunikáciu medzi vodičom a obsluhou váhy a jeho dobrý výhľad na váhu. Obsluha váhy je povinná kontrolovať SPZ vozidla, jeho správnu polohu voči nosiča bremena a v neposlednej rade aj o jeho náklad. Samotným pohľadom z okna vážiaceho domčeku vo väčšine prípadoch nie je možné zistiť všetky potrebné údaje pri kontrole a preto je potreba systém doplniť a jednu alebo viac videokamier.

### 3.1 Snímače zaťaženia

Snímače zaťaženia (obr. č. 3.6) sú veľmi citlivé lineárne senzory, o ktoré sa opiera konštrukcia. Ich počet sa väčšinou pohybuje od štyroch do desiatich kusov. Menovité zaťaženie snímačov býva v rozsahu od 20 až do 300 t. Snímače sú uložené v špeciálnych ložiskách, ktoré v spojení s prvkami vymedzujúcimi horizontálny pohyb eliminujú rušivé sily a rázy pôsobiace pri samotnom vážení. V obvyklom prevedení sú všetky snímače zaťaženia spravidla paralelne spojené a tvoria tak jedno vážne pole. Cestné váhy s dvoma alebo viacerými vážnymi poľami sú obstarávané len zriedka, prakticky len pre špeciálne účely, napr. pre meranie osových tlakov. Pri nájazde nákladného vozidla na konštrukciu sa jeho hmotnosť vo forme tiažovej sily prenáša na tieto senzory, ktoré prevádzajú silu na elektronický signál k ďalšiemu spracovaniu do vážiacej jednotky.





Obr. č. 3.6 Snímače zaťaženia [9] [10] [17]

V elektronických váhach je snímač základný činiteľ vo vážiacom procese. U mostových váh sa používajú hermeticky uzavreté snímače, chránené proti vlhkosti, prachu. V prípade veľmi silného agresívneho prostredia sa používajú nerezové snímače síl.

### 3.1.1 Vážiaci jednotka

Elektronická vyhodnocovacia vážiaca jednotka je výkonné meracie zariadenie, ktoré napája snímače síl a sníma z nich signál. Umožňuje presné váženie a prípadne podľa požiadaviek zákazníka prepojenie na jeho počítačový systém. Toto zariadenie udáva informácie o hmotnosti dávky, ktorá sa má skontrolovať alebo triediť. [9] Vážiaci jednotka (obr. č. 3.7) pozostáva z nosiča zaťaženia, vyvažovacieho zariadenia a podľa možnosti zobrazovacieho zariadenia ukazujúceho napríklad hmotnosť dávky alebo rozdiel medzi touto hodnotou a referenčnou hodnotou v jednotkách hmotnosti.



Obr. č. 3.7 Vyhodnocovacie vážiace jednotky [9]

### 3.2 Vážne mosty

Vážne mosty sa v minulosti vyrábali prevažne z ocele. V dnešnej dobe je však trendom čo najviac znižovať náklady na výrobu a preto sú takmer výhradne cestné váhy odliavané z betónu v oceľových formách. Tým je docielené presných rozmerov a dokonalého povrchu hotových betónových dielov.

#### 3.2.1 Betónové mosty

Betónové mosty, ktoré sa používajú na výrobu cestných váh (obr. č. 3.8) sa prevažne konštruujú ako doskové konštrukcie. Sú to konštrukcie, u ktorých je jeden z ich rozmerov výrazne menší ako ostávajúce dva (dĺžka a šírka). Doskové konštrukcie sa používajú pre mosty v menšom rozpätí, avšak môžu mať prakticky ľubovoľné usporiadanie. Je možné ich navrhovať ako konštrukcie priame, spojité, alebo rámové, z hľadiska dispozičného usporiadania ako priame, zakrivené, šikmé aj smerovo úplne nepravidelné. U cestných váh sa uvažuje len priame usporiadanie. [4] Priečny rez doskových konštrukcií závisí na druhu mostnej konštrukcie (cestné, železničné), na rozpätí a v neposlednej rade na postupe výstavby (monolitické alebo prefabrikované) konštrukcie. Plná monolitická doska s obdĺžnikovým prierezom je najjednoduchšia. Pre väčšie rozpätie býva priečny rez odľahčený. V minulosti sa odľahčenie realizovalo vnútornými dutinami (obvykle kruhovými). V súčasnej dobe sa tento spôsob odľahčovania príliš nepoužíva z dôvodu komplikovanej kontrolovateľnosti a údržby vnútorného priestoru dutín.



Obr. č. 3.8 Betónová konštrukcia cestnej váhy

Nosnú konštrukciu doskových mostov prevažne tvorí železobetónová doska, t.j. nosná sústava. Sústava je zaťažovaná prevažne kolmo na strednicovú rovinu. Pri návrhu doskových železobetónových mostov je podstatné mať na zreteli, že so vzrastom rozpätia narastá značne aj vlastná tiaž a spotreba výstuže. [5] Z tohto dôvodu sa k hornej hranici rozpätia približujeme len vtedy, keď je pre návrh nosnej konštrukcie k dispozícii malá stavebná výška.

Doskové mostné konštrukcie majú celý rad výhod:

- majú jednoduchý geometrický tvar, z čoho vyplývajú aj menšie nároky na prevedenie;

- konštrukčná výška je malá, preto sa uplatňujú v prípadoch, keď je potrebná stlačená stavebná výška;
- je pravidlom, že si nevyžadujú uloženie hlavnej nosnej výstuže v dvoch, alebo viacerých radoch, preto sa môže plne využiť dovolených namáhání betónu a výstuže;
- v dôsledku veľkej účinnej šírky šmykové napätia dosahujú len menších hodnôt;
- zníženie dynamických účinkov na mostnú konštrukciu priaznivo ovplyvňuje značná vlastná tiaž. Má to však aj negatívny účinok, a to vyššiu spotrebu materiálu;
- v neposlednom rade majú dobrý prenos zaťaženia, malé nároky na údržbu, malú poruchovosť, veľkú spoľahlivosť a životnosť.

### 3.2.2 Oceľové mosty

Mosty sú konštruované z oceľových polotovarov rôznych prierezov. Tieto sú najčastejšie spojené zvarmi zväracím zariadením pod ochranou atmosférou do celých konštrukcií mostov. Ak je potrebné vyhotovenie dlhších váh pre nákladnú dopravu sú použité viaceré mosty, ktoré môžu byť vzájomne spojené buď zvarom alebo skrutkovým spojom. Výhodnejší je spravidla skrutkový spoj, a to z hľadiska jednoduchého dosiahnutia presnej polohy snímačov pri montáži. Oceľové konštrukcie podliehajú rôznym poveternostným vplyvom, a preto je nutné ich povrch ošetrovať povrchovými úpravami. Používajú sa preto rôzne antikoročné a ochranné nátery.

### 3.3 Váženie cestných vozidiel

Váženie cestných vozidiel sa u väčšiny užívateľov vykonáva tzv. dvojakým vážením pri vstupe a výstupe. Netto hmotnosť nákladu vozidla je potom získaná výpočtom. Tento spôsob váženia sa uskutočňuje z dôvodu, že je tak možné spravidla dosiahnuť vyššiu presnosť v porovnaní s jednorazovým vážením s občasnou kontrolou tzv. pevnou tárou (tára - hmotnosť obalu tovaru v obchodnom styku, niekedy sa týmto pojmom označuje i obal ako taký) vozidla. Pri jednorazovom spôsobe váženia dochádza k celej rade chýb, napr. pri úbytku obsahu palivovej nádrže vozidla medzi vážením táry a jednotlivými váženiami. Pri dvojakom vážení je potreba vhodným prevádzkovým poriadkom zaistiť zhodné podmienky pre vstupné a výstupné váženie, a to predovšetkým zhodnou pozíciou vodiča, ktorého hmotnosť buď je alebo nie je v oboch prípadoch súčasťou táry vozidla.

V prevádzkach s veľkým počtom vážených vozidiel je potrebné použitie dvoch alebo viacerých váh vyčlenených pre vstupné a výstupné váženie. Tento systém je podmienený zdieľaním súboru dát o prvom vážení vozidla pred všetkými ďalšími váhami. [1] Pri výstupnom vážení sú najskôr vyhladané dáta o prvom vážení a neskôr doplnené o druhé váženie a vypočítaná netto hmotnosť nákladu. Najčastejšie prepojenie dvoch a viacerých váh býva realizované formou lokálnej počítačovej siete.

### 3.4 Váhy pre váženie cestných vozidiel za pohybu

U tohto typu váh (obr. č. 3.9) sú vážne mosty s typickým rozmerom 3 x 0,5 m obvykle vybavené klasickými snímačmi zaťaženia. Vyhodnocovacia jednotka umožňuje vykonávať dvojakú funkciu a to jednak automatické zisťovanie zaťaženia jednotlivých osí a následne i celkovej hmotnosti vozidla po jeho prejazde. Funkciou jednotky je taktiež kontrola dodržania maximálnej povolenej rýchlosti pri vážení (5 km/h) a plynulosti prejazdu. Aj napriek tomu, že váhy tohto typu pri nasadení v obchodnom styku boli v mnohých prípadoch v rozpore s platnými predpismi si získali počiatkom 90. rokov v Českej republike radu priaznivcov. Podľa platnej legislatívy (odporúčenie OIML), ktorej prvý návrh sa objavil v roku 1996, je možné tieto váhy v dnešnej dobe používať bez obmedzení. [1] Skutočnosť je však dnes úplne iná, pretože ich popularita značne poklesla a pre zisťovanie hmotnosti celých vozidiel sa používajú takmer výhradne nové mostové váhy.



Obr. č. 3.9 Váha pre váženie cestných vozidiel za pohybu [1]

Ak by sme chceli posudzovať objektívne celkové náklady na obstaranie oboch typov váh, pridáme k záveru, že to čo u dynamickej váhy ušetríme na vlastnej technológii sme nútený investovať do úpravy betónových približovacích úsekoch komunikácie, na ktorých rovinnosť a tuhosť sú kladené vysoké požiadavky. Tieto náročné požiadavky sú však oprávnené, pretože nerovnosti v približovacích úsekoch sú hlavnou príčinou vzniku významných chýb pri vážení za pohybu. Jednou z ďalších nevýhod u tohto typu váh je značná závislosť výsledkov váženia a prípadných chýb na spôsobe jazdy vozidla. Je dokonca možné, že po nadobudnutí určitých skúseností je vodič schopný výsledky váženia ovplyvňovať.

Váhy tohto typu majú hlavné uplatnenie pri kontrole osových a nápravových tlakov cestných vozidiel. V tejto oblasti je ich používanie plne oprávnené a prípadné chyby váženia sú pre dané využitie akceptovateľné. Vážiacie zariadenia pre váženie cestných vozidiel za pohybu majú určite svoje opodstatnenie, ale ešte stále sa hľadá ich efektívne uplatnenie a to jak z hľadiska legislatívy, tak z hľadiska užívateľov.

### **3.5 Modernizácia mechanických váh**

Finančne menej náročným spôsobom ako kupovať celú váhu je váhu zmodernizovať a tak využiť viac či menej zachovalé mechanické váhy, ktoré už nesplňujú nároky na moderné váženie. Tieto staršie váhy je možné vo väčšine prípadov prestavať na váhy elektromechanické. Prestavbu je možné vykonať dvoma spôsobmi. Pri hybridnom spôsobe prestavby sa zachováva základová vaňa, vážny most aj všetky pákové mechanizmy. Snímač zaťaženia je umiestnený na posledné tiahlo pákového systému, ktorý prevádza sily v tomto ramene na elektrický signál úmerný tiaži bremena nachádzajúceho sa na nosiči bremena. Na ten je potom umiestnená klasická vyhodnocovacia jednotka, tlačiareň, prípadne počítač a ďalšie zariadenia. Tento spôsob je však použiteľný len u váh s nízkou váživosťou. Druhým spôsobom je prestavba na plne elektromechanickú váhu, ktorá spočíva v kompletnej demontáži pákového mechanizmu a náhrade odpovedajúcim počtom snímačov v pôvodných oporných bodoch.

Výhody a nevýhody oboch spôsobov sú zrejmé. Pri prestavbe mechanickej váhy hybridným spôsobom vznikajú okrem mechanických chýb pákového mechanizmu aj ďalšie chyby elektroniky z čoho vyplýva, že presnosť tejto váhy je vždy horšia. [1] Ak sa už užívateľ rozhodne pre takúto prestavbu je to z dôvodu vynikajúceho mechanického stavu pákového agregátu a tiež, že pre jeho činnosť je potreba počítačového spracovania nameraných dát. Kompletnou prestavbou je možné získať plnohodnotnú elektromechanickú váhu.

V prípade, že sa užívateľ rozhoduje či starú váhu prestaví alebo ju nahradí váhou úplne novou sú kľúčové dva faktory. Prvým faktorom je v akom mechanickom stave sú základové vane a mostné konštrukcie. Druhým predpokladom sú vyhovujúce rozmery pôvodného mostu s ohľadom na spektrum vážených vozidiel. Totižto akékoľvek dĺžkové úpravy nosiča bremena nie sú vo väčšine prípadoch možné, prípadne sú spojené s neprimeranými nákladmi.

## 4 Návrh ocelevej konštrukcie váhy

Váhu navrhujem pre firmu Tenzona Bratislava spol. s.r.o. Výrobu váhy bude realizovať súkromný podnikateľ. Je to z dôvodu, že sa v súčasnej dobe firma Tenzona zaoberá komplexnou činnosťou [10] súvisiacou s realizáciou priemyselných váh okrem samotnej výroby.

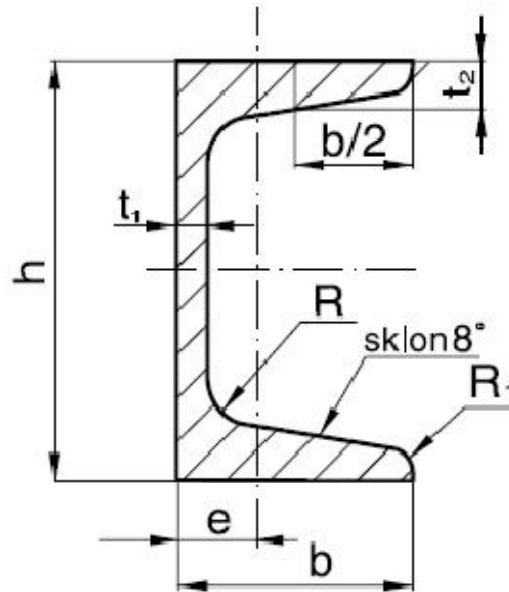
Návrh cestnej váhy musí spĺňať dve základné podmienky. Jednou je, že váha musí byť mobilná a druhou podmienkou je, že treba váhu navrhnuť tak, aby bolo možné na nej vážiť vozidlá, ktoré svojou konštrukciou spĺňajú podmienky kladené normou DIN 8119. Samozrejme, že ako u každej váhy je treba dbať na to, aby bola konštrukcia bezpečná, spoľahlivá a dokonale plnila svoju funkciu.

Samotná konštrukcia sa bude skladať z dvoch vážiacich mostov a spodného rámu, ktorý bude priskrutkovaný do podkladového betónu. Základné rozmery celej váhy sú : výška 0,3 m, dĺžka 8 m a šírka 3 m.

Súčasťou konštrukcie sú tiež nájazdy, bez ktorých by sa vozidlo nemohlo dostať na váhu. Nájazdy sú pre tento prípad navrhnuté taktiež z ocelevej konštrukcie avšak je možné pokojne použiť aj betónové nájazdy.

### 4.1 Vážiaci most

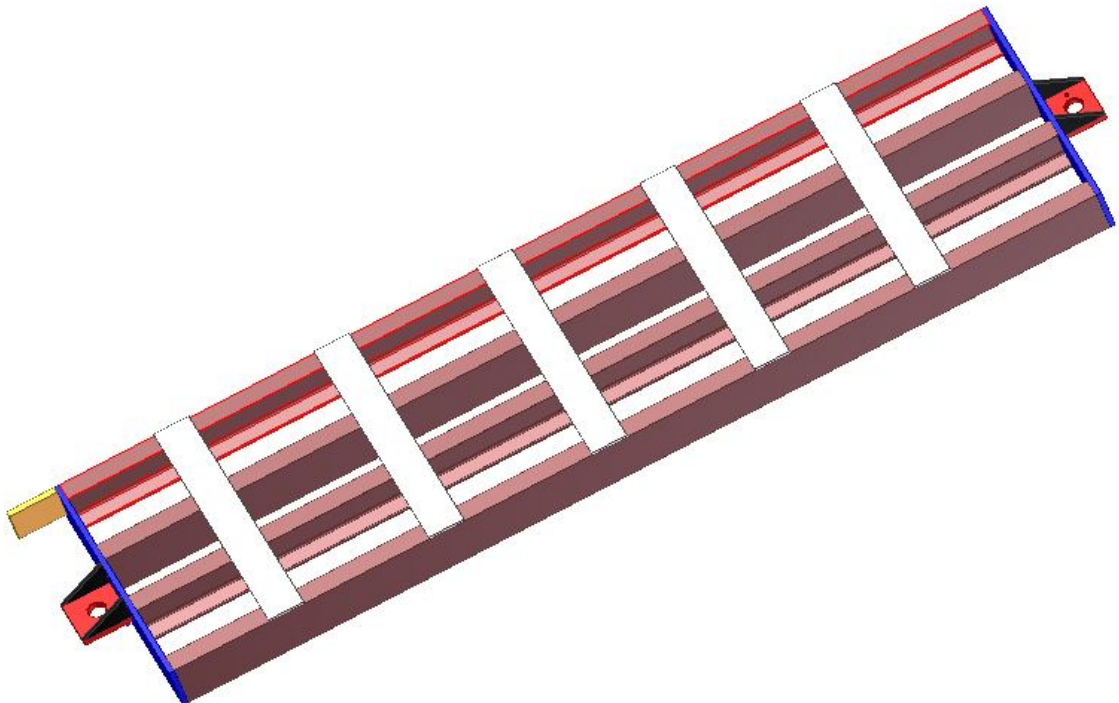
Vážiaci most sa skladá z dvoch dielov, ktoré sú pri montáži spojené do jedného celku. Pri návrhu konštrukcie vážiaceho mostu som použil ako nosný prvok dlhý profil valcovaný za tepla z materiálu 11373.0. Jedná sa o tyče prierezu U 200 [3], ktoré sú zobrazené na obrázku č. 4.1.



Obr. č. 4.1 Tyč prierezu U 200 [12]

Základné rozmery:  $b = 75\text{mm}$ ,  $h = 200\text{mm}$ ,  $t_2 = R = 11,5\text{mm}$ ,  $t_1 = 8,5\text{mm}$ ,  $R_1 = 6\text{mm}$ .

Tyče sú vzájomne spojené a spevnené platňami z tenkého plechu, ktoré sú k nim privarené. Ku koncom nosných tyčí sú kolmo privarené krajné platne z plechu (obr. č. 4.2).

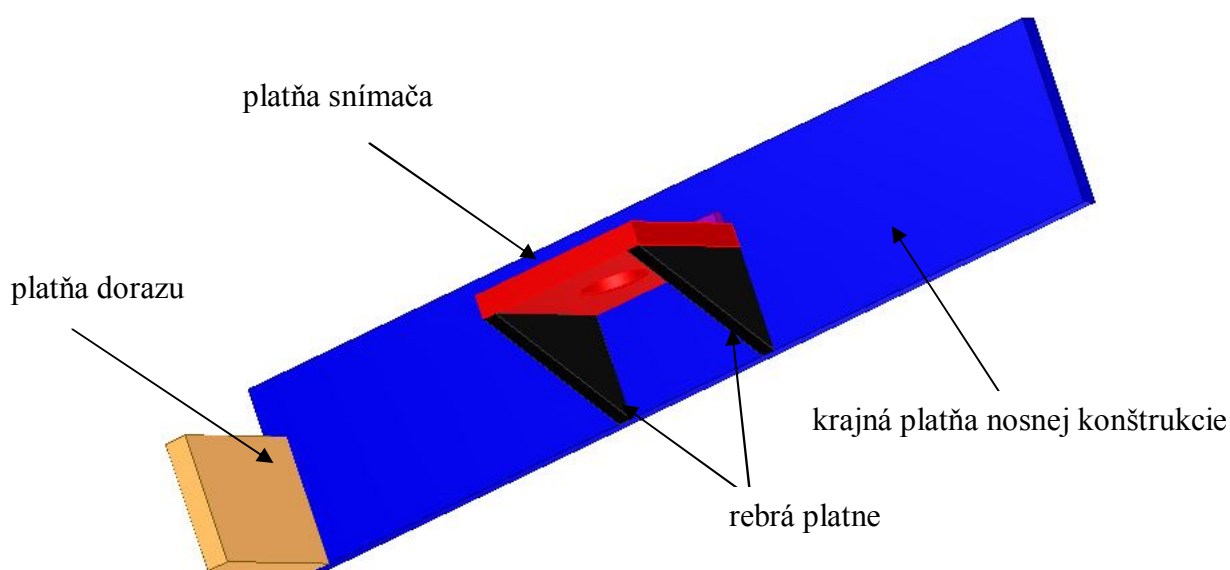


Obr. č. 4.2 Časť nosnej konštrukcie väžiaceho mostu

Koncová platňa, ktorá je na obr. č. 4.3 zobrazená modrou farbou má za úlohu okrem spojenia nosných tyčí aj prenášať zaťaženia do snímačov zaťaženia. Tvorí spolu s ďalšími

platňami jednotlivé konzoly mostov, ktoré práve v spojení s nosnými tyčami prierezu U 200 prenášajú všetky zaťaženia do snímačov zaťaženia. Konzoly sa ďalej skladajú z platní snímačov, ktoré sú privarené na krajnú platňu kútovými zvarmi a ich potrebná únosnosť sa dosahuje spevnením plechmi (rebrami) trojuholníkového tvaru. Platňa je celkovo spevnená dvoma rebrami, aby nedošlo k prekročeniu dovolených napätí v ohybe a šmyku, ktoré na platne pri vážení pôsobia. Prenos zaťaženia cez platňu snímača do meracieho člena je vedený cez dieru o priemere 70 mm, do ktorej presne snímač zapadá.

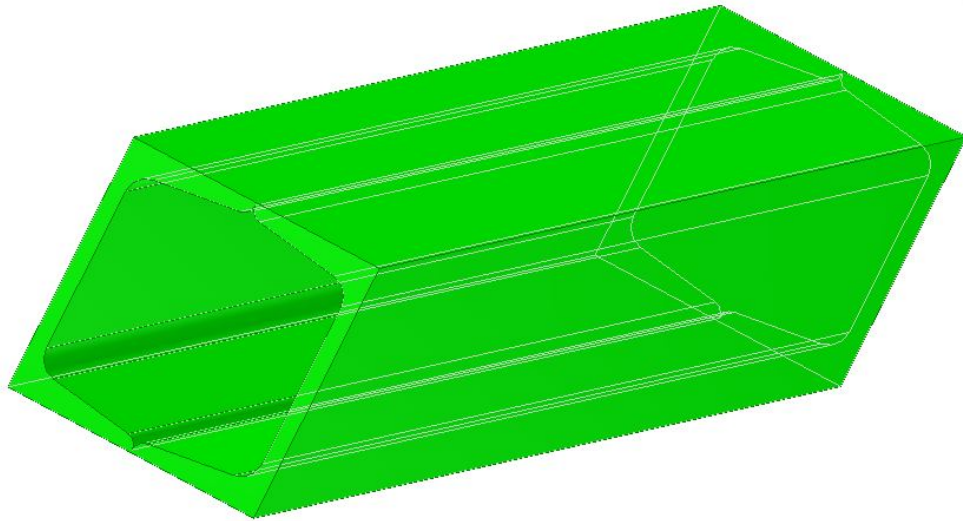
Konzoly mostov, ktoré sú v strede váhy majú na platniach vyhotovené otvory pre skrutky, ktorými je realizované spojenie vážiacich mostov. Na strane nájazdu alebo výjazdu vozidla z váhy majú konzoly na sebe navarené ďalšie plechy, ktoré majú funkciu dorazu, a teda sú schopné eliminovať posuvy v radiálnom smere.



Obr. č. 4.3 Konzola mostu

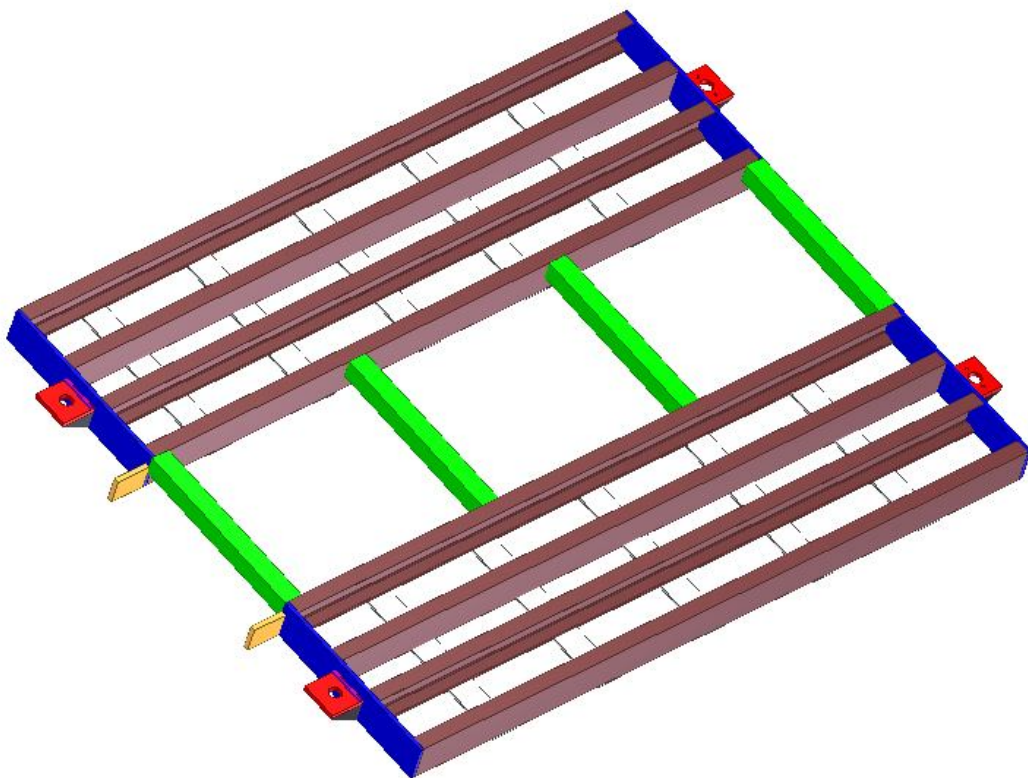
Z jednotlivých konzol a nosných prierezov vzniknú celkovo 4 diely mostov. Dvojice dielov sú vzájomne spojené tyčami prierezu U 100. Tyče slúžia okrem spojenia aj k tomu, aby sa vplyvom zaťaženia váhy nosné konštrukcie nepreklopili. Preto sú použité dvojice tyčí U 100 (obr. č. 4.4) vzájomné zvarené k sebe zvarom typu I. Celkovo sú použité 4 dvojice tyčí na dva diely mostu.





Obr. č. 4.4 Dvojica tyčí U 100

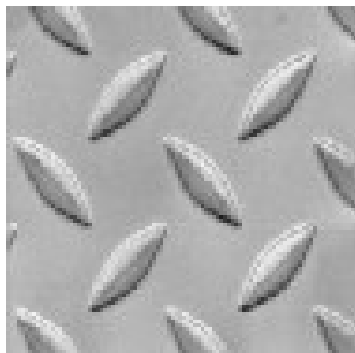
Takto spojené diely vytvoria dve polovice vážiaceho mostu, ktorého konečný tvar je na obr. č. 4.5. Na vrchnú časť sú ešte samozrejme navarené plechy, po ktorých bude samotné vozidlo prechádzať. Plošina vytvorená z týchto plechov má protišmykový povrch.



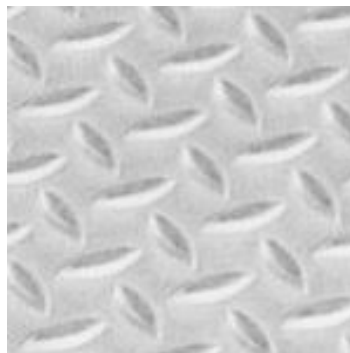
Obr. č. 4.5 Vážiaci most bez vrchných plechov

Štandardne používané protišmykové povrchy plechov sú „Mandorla“ a „Floor Plate“ (obr. č. 4.6a a 4.6b). Jedná sa o za tepla valcované, štruktúrované, podlažné platne plechu, ktoré sa používajú v priemyselnej oblasti. Vyvýšenia sú usporiadané tak, aby

umožnili čo najlepšiu odolnosť voči sklzu a optimálny odtok tekutín.[13] V závislosti od hrúbky materiálu činí výška výstupkov cca 1,0 až 1,7 mm. Pre váhu volím povrch „Floor Plate“, ktorý je cenovo dostupnejší a pre moju úlohu dostačujúci.

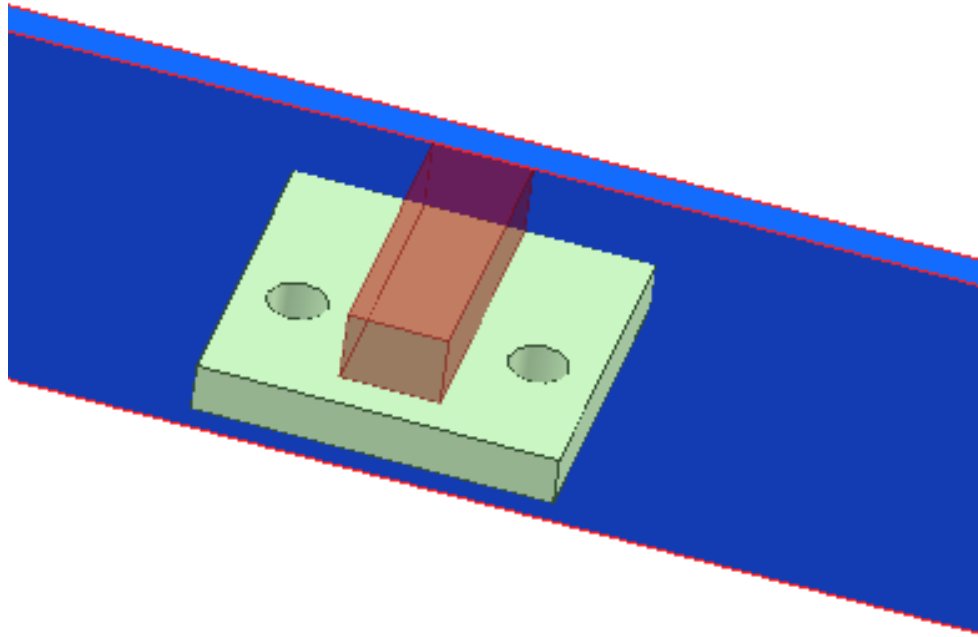


Obr. č. 4.6a povrch „Floor Plate“ [13]



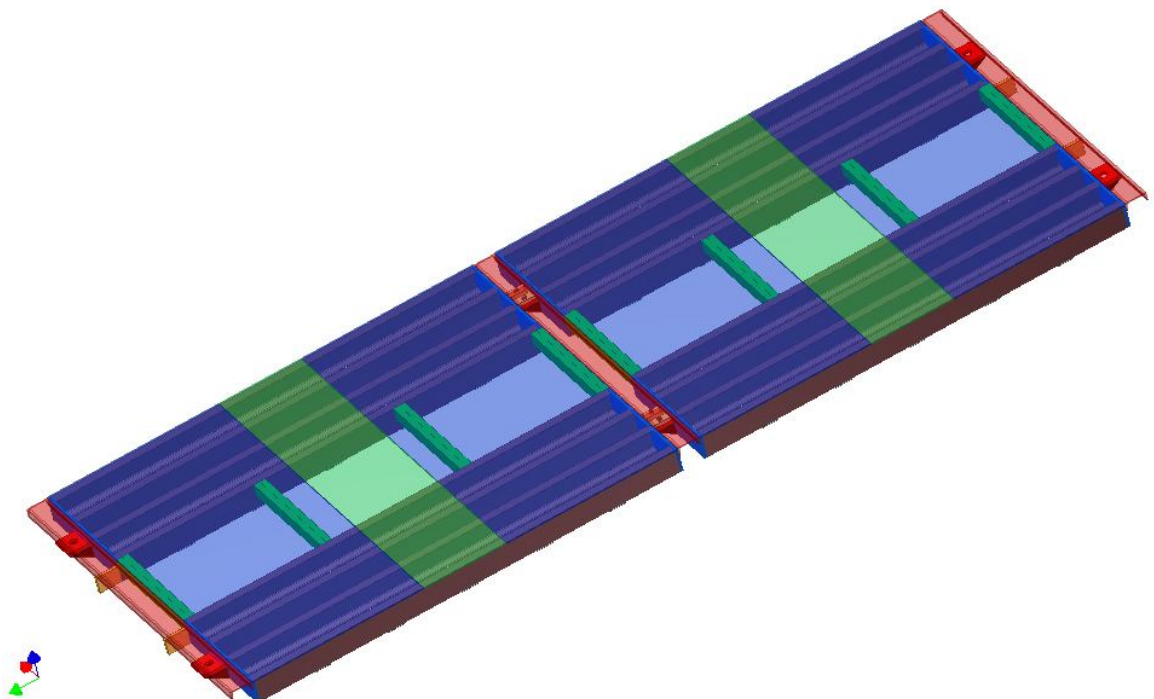
Obr. č. 4.6b povrch „Mandorla“ [13]

Vzájomné spojenie vážiacich mostov skrutkovými spojmi ovplyvnilo konštrukciu konzol nosných dielov vážiaceho mostu na strane spoja. A to konkrétne spojovacie platne oboch konzol mostov, ktoré sú pri montáži uložené na seba a spojené skrutkovými spojmi na oboch stranách váhy dvojicou skrutiek M20 x 60 ISO 4014 – 8.8 [3]. Keďže platne ležia na sebe je zrejmé, že ich nemožno spevniť rebrami ako tomu bolo u platní snímačov. Spojovacie platne konzol sú preto spevnené v tomto prípade z opačnej strany, a to privarenou plochou tyčou obdĺžnikového tvaru. Umiestnenie tyče na platni a spojovacia platňa samotná sú zobrazené na obr. č. 4.7. Platne na tejto strane konzol majú diery pre skrutky, avšak tieto sú bez závitov a ich hodnota priemeru nesúhlasí s hodnotou ukladanou normou ČSN EN 20273 (021050) [3] (diery pre skrutky). Veľkosť dier je oproti norme väčšia a to z dôvodu, že vplyvom výrobných nepresností môže nastať problém pri montáži vážiacich mostov a to je samozrejme neprípustné z hľadiska presnosti váženia celej váhy. Vôľa, ktorá teda vznikne medzi dierou a skrutkou slúži k prípadnej korekcii vzájomného uloženia spojovaných častí mostov. Aby hlava skrutky dokonale prenášala vznikajúce napätie skrutkového spoja je doplnená o širokú normalizovanú podložkou.



Obr. č. 4.7 Spojovacia platňa spevná plochou tyčou na konzole

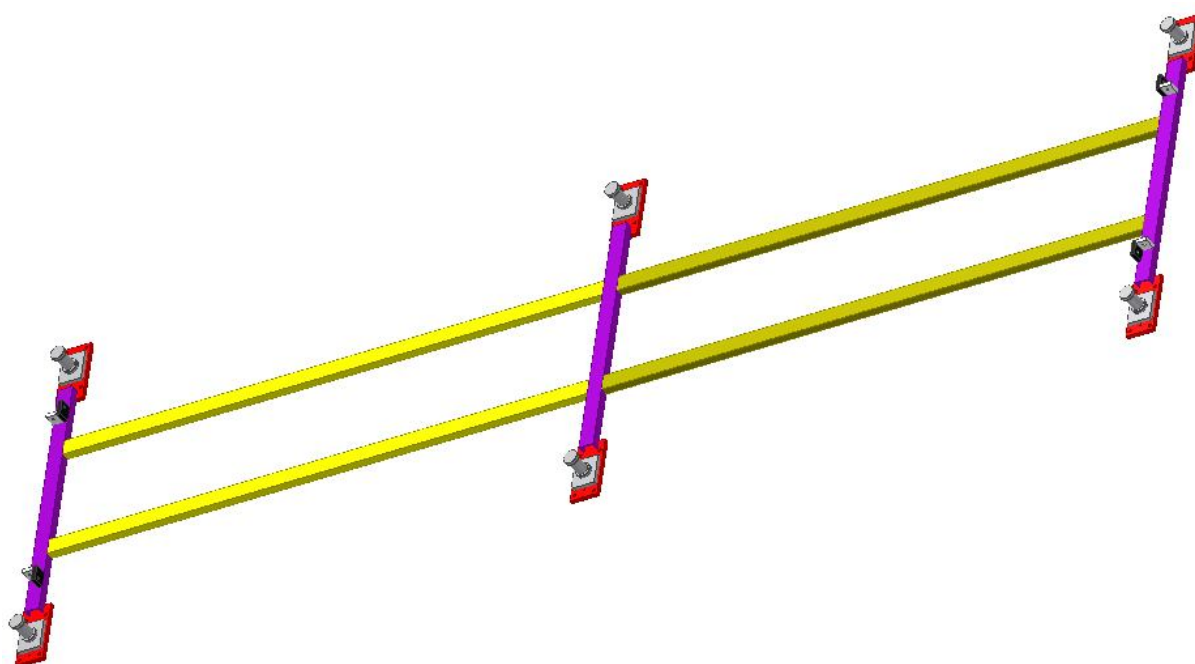
Po zmontovaní oboch častí vážiacich mostov vznikne kompletný vážiaci most, ktorý je na obr. 4.8. Most je na krajoch a v strede doplnený o tyče prierezu U, ktoré zakrývajú konzoly so snímačmi a tým ich chránia od zanesenia nečistotami. Tyče sú voľne položené na platniach snímačov a zabezpečené proti spadnutiu z konzol pomocou vodiacich tyčí. Tyč, ktorá sa nachádza v strede váhy musela byť ešte upravená, a to vyrazením otvorov v miestach spoju vážiacich mostov.



Obr. č. 4.8 Vážiaci most

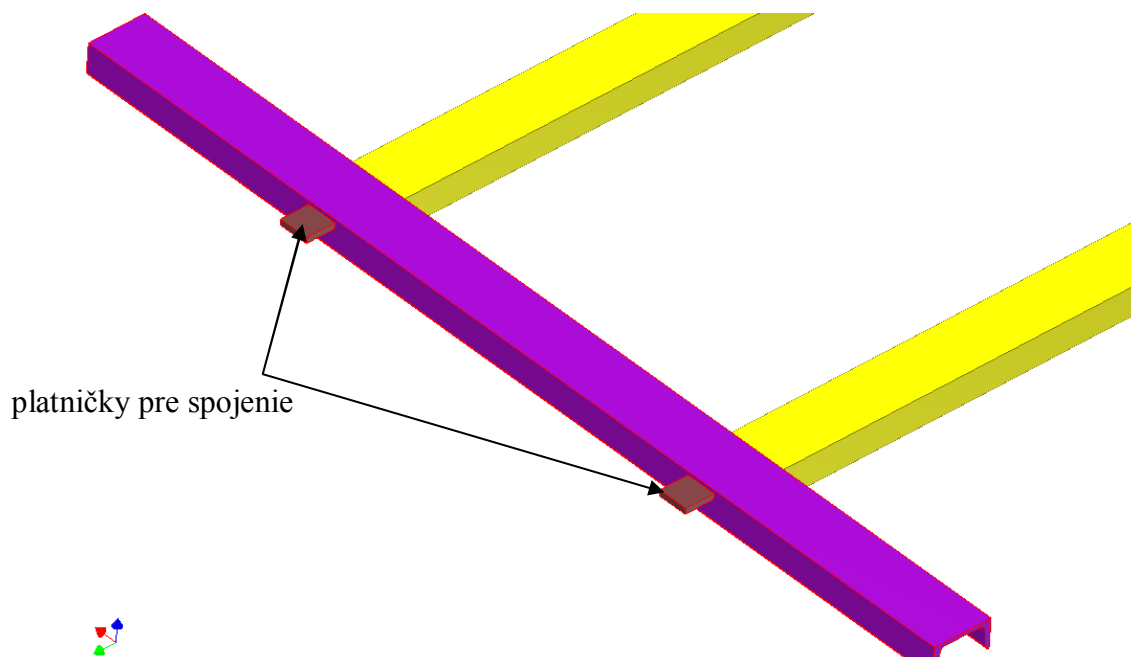
## 4.2 Spodný rám váhy

Konštrukcia spodného rámu (obr. č. 4.9) je navrhnutá tak, aby okrem pevného a spoľahlivého ukotvenia v základovom betóne spĺňala taktiež aj prísne požiadavky kladené na rovnomerné a presné rozloženie snímačov zaťaženia. Na ráme sú taktiež prvky, ktoré zachytávajú nežiaduce bočné sily. Prevažná väčšina týchto síl vzniká od vozidla vplyvom jeho prejazdu a brzdenia. Rovnako ako to bolo u vážiacich mostov je aj spodný rám váhy navrhnutý tak, aby bolo možné v prípade nutnosti presunu váhy na iné miesto rám demontovať. Rám sa celkovo skladá z dvoch častí ako je to aj u vážiacich mostov, avšak spojenie týchto častí nie je realizované skrutkovým spojom, ale jednotlivé časti sú k sebe v dvoch miestach privarené.



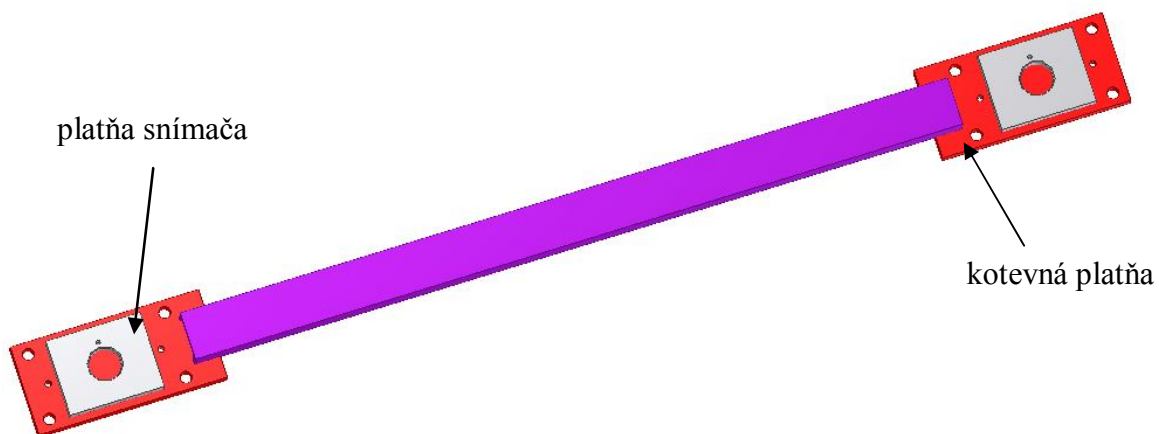
Obr. č. 4.9 Spodný rám váhy so snímačmi zaťaženia

Obe časti rámu váhy pozostávajú z tyčí profilu U 100, ktoré sú spojené zvarmi. Na obrázku č. 4.10 je vidieť vzájomnú polohu tyčí oboch častí spodného rámu váhy. Tyč, ktorá je stredom konštrukcie rámu váhy (znázomená na obr. č. 4.10 fialovou farbou), má na svojom boku privarené dve platničky z plechu o rozmeroch 50 x 50 mm. Platničky sú dôležité z hľadiska presného spojenia oboch častí rámu. Sú umiestnené na boku tyče profilu U tak, že pri montáži stačí na platničky položiť tyče druhej časti rámu a potom už len zvarom spojiť obe polovice spodného rámu.



Obr. č. 4.10 Vzájomná poloha tyčí profilov U spodného rámu váhy

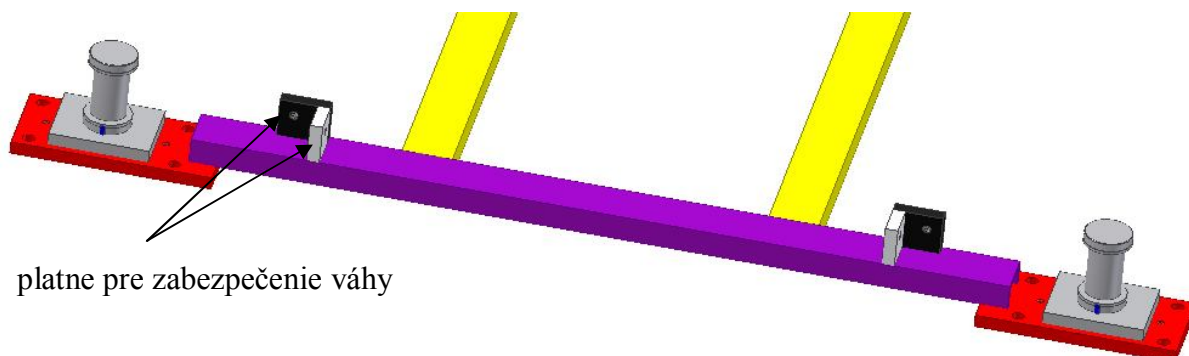
Na trojici tyčí, ktoré sú na krajoch a v strede spodného rámu, sú navarené platne pre ukotvenie rámu do betónu. Platne sú umiestnené na koncoch tyčí viď obr. č. 4.11. Každá platňa má 4 otvory pre skrutky do betónu a dva otvory so závitmi. Tieto sú pre skrutky, ktoré spájajú kotviacu platňu s platňou snímača pomocou úpiniek. Platňa snímača má za úlohu zabezpečiť presné uloženie snímača na spodnom ráme a tento typ spojenia som použil z dôvodu možnosti nastavenia polôh snímačov pri montáži. Každá z platní má vyhotovený otvor pre snímač a poistný kolík.



Obr. č. 4.11 Poloha platní snímačov a kotevných platní na tyči profilu U

Súčasťou spodného rámu váhy sú taktiež prvky pre elimináciu nežiaducich síl (obr. č. 4.12), ktoré majú otvory so závitmi M20. Sú to pochopiteľne opäť platne z plechu valcovaného za tepla. Ich poloha je samozrejme navrhnutá tak, aby zachytávali jak axiálne tak radiálne sily, ktoré vznikajú pri prejazde vozidla po váhe. Sú navarené na

krajných tyčiach profilu U. Nežiaduce sily sa zachytávajú pomocou skrutky a matice, ktoré sú na týchto platniach namontované a vymedzujú povolený pohyb vážiaceho mostu. Použitý spôsob zabezpečenia váhy je pomerne lacný, jednoduchý a pritom dokonale spĺňa svoj účel.



Obr. č. 4.12 Platne pre zabezpečenie váhy

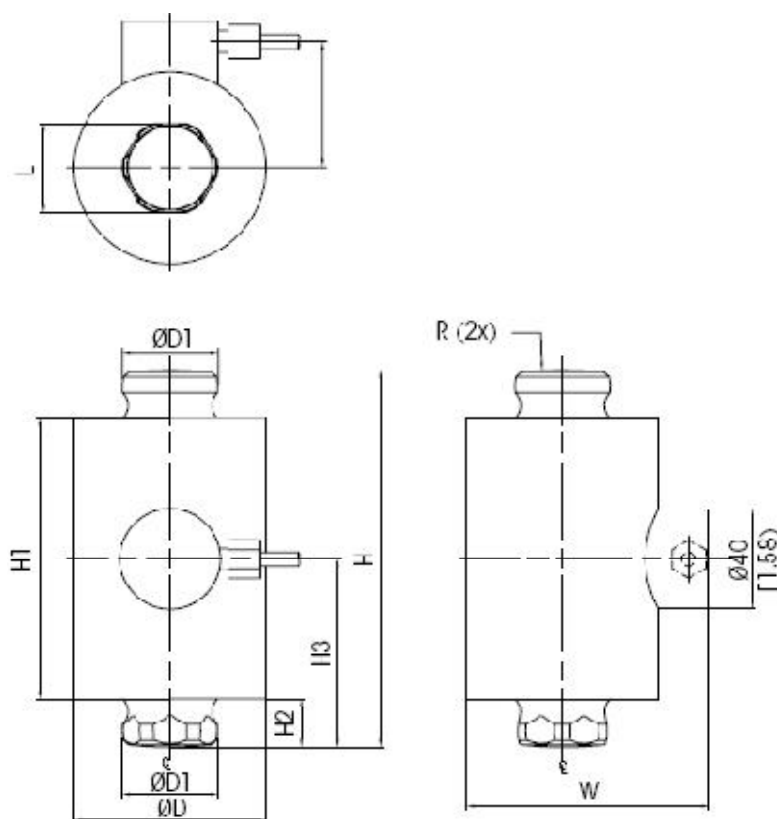
### 4.3 Snímače zaťaženia váhy

Snímače zaťaženia, ktoré sú pre túto váhu odporúčané firmou Tenzona BRATISLAVA s.r.o., majú široké využitie práve v oblasti váženia cestných vozidiel. Jedná sa o snímače zaťaženia (obr. č. 4.13) od firmy METTLER TOLEDO (americko - švajčiarska firma) presnejšie model 0782 30t High Capacity Load Cell (Vysokokapacitné snímače zaťaženia). Jedná sa o špičkové tenzometrické snímače s digitálnym výstupom tzv. DigiTOL so zabudovaným A/D prevodníkom v každom tenzometri. Pre užívateľa váhy je veľmi významné, že prevádzková spoľahlivosť váh s tenzometrami tohto typu je rovnako výhodná ako ľahká údržba a jednoznačné diagnostické hlásenia.[10] Počet snímačov použitých na váhe je 6 ks. Sú uložené po dvojiciach na začiatku, v strede a na konci váhy.



Obr. č. 4.13 Tenzometrický snímač MT model 0782 30t [18]

Je veľmi dôležité, aby boli snímače počas váženia v jednej polohe, preto je každý snímač zabezpečený proti nežiaducim pohybom normalizovanými poistnými kolíkmi bez hlavy. Presné rozmery snímačov použitých na váhe sú na obr. č. 4.14. Podľa zadania má mať váha maximálnu váživosť 60 t čo znamená, že na celej ploche 3 x 8 m môže byť maximálne uložené toto zaťaženie. Aj napriek tomu sú na váhe použité snímače s max. kapacitou 30 t na snímač čo sa zdá byť málo, ale v skutočnosti je to tak, že v prípade použitia šiestich snímačov sa celková záťaž rozloží na 6 častí a teda každý snímač bude zaťažený 10 tonami. Je samozrejme nutné zaručiť, aby bola záťaž rozložená symetricky dokonale, presne a rovnomerne. V bežnej praxi je to ale trochu inak. Zjednodušene je možné povedať, že pri prejazde vozidla váhou zachytávajú zaťaženie najskôr dva, potom štyri, až nakoniec všetkých šesť snímačov zaťaženia.



Capacity	Dimensions and Locations									
	D	D1	H	H1	H2	H3	L	L1	R	W
20-30t [33-66 klb]	76 [2.99]	37.8 [1.49]	150 [6.91]	112 [4.41]	19 [0.75]	75 [2.95]	33.5 [1.40]	50 [1.97]	160 [6.30]	96 [3.78]

Obr. č. 4.14 Rozmery snímača MT model 0782 s kapacitou do 30 t [18]

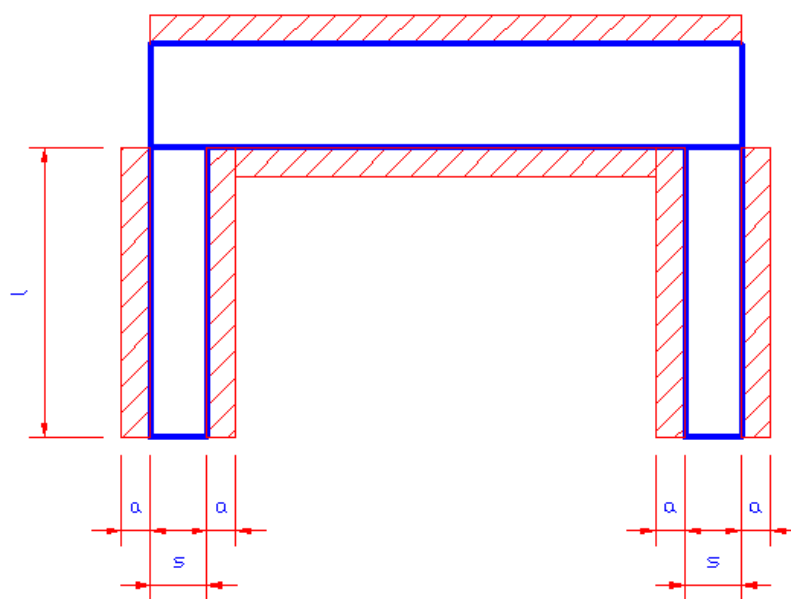


## 5 Výpočty základných konštrukčných častí a uzlov

Nakoľko je väčšina spojov na váhe realizovaných za pomoci zvarov, predmetom mojich výpočtov budú hlavne zvary. V tejto problematike sú zahrnuté ako analytické výpočty, tak pevnostné výpočty metódou konečných prvkov (MKP).

### 5.1 Statický výpočet zvaru platne snímača na šmyk a ohyb

Platňa snímača je spojená kútovými zvarmi ku krajnej platni vážiaceho mostu a spevnená rebrami, aby bola schopná preniesť šmykové napätia, ktoré vznikajú od zaťaženia vážených vozidiel. Rozmerová schéma potrebná pre výpočet šmykového napätia je zobrazená na obr. č. 5.1.



Obr. č. 5.1 Schéma pre výpočet šmykového napätia kútového zvaru

Na obr. č. 5.1 sú naznačené len kóty zvislých zvarov, pretože posúvajúcu silu v skutočnosti prenášajú prevažne zvislé (bočné) zvary. Napätia a pevnostné podmienky odpovedajúce šmykovému namáhaniu zvaru :

$$\tau_s = \frac{F}{S_{ZV}} \leq \tau_{sDZV} = k_4 \cdot \sigma_{Dt} = k_4 \cdot \frac{R_e}{k_z} \quad (5.1)$$

Kútové zvary				
Čelné	$k_3$	$0,75^{(1)}$	$0,90^{(2)}$	$1,00^{(3)}$
Bočné	$k_4$	$0,65^{(1)}$	$0,80^{(2)}$	$0,90^{(3)}$

Tab. č. 5.1 Prevodné súčinitele podľa ČSN 05 0120



<sup>1)</sup> platí pre ručné zváranie elektrickým oblúkom s elektródou o rovnakej pevnosti ako základný materiál zváraných častí.

<sup>2)</sup> platí pre ručné zváranie elektrickým oblúkom ocele o pevnosti 350 až 370 [MPa] elektródou E 44.83, pre poloautomatické zváranie pod tavidlom, pre poloautomatické a automatické zváranie v ochrannej atmosfére CO<sub>2</sub> a pre automatické zváranie pod tavidlom pre veľkosť zvaru  $a > 12$  [mm].

<sup>3)</sup> platí pre automatické zváranie pod tavidlom u jednovrstvových zvarov  $a \leq 12$  [mm].

Zvárané plechy sú z materiálu 11 373 čo je dobre zvariteľná oceľ, ktorej medza pevnosti klzu  $R_e$  má hodnotu 235 [MPa]. Vo výpočte volím bezpečnosť zvaru  $k_z=2,5$  a prevodný súčiniteľ  $k_4=0,65$ . Pri výpočte som počítal so zaťažujúcou silou  $F= 50\,000$  N.

Menovité šmykové napätie od posúvajúcej sily :

$$\tau_s = \frac{F}{S_{ZV}} \quad (5.2)$$

$$\tau_{s\,DZV} = k_4 \cdot \frac{R_e}{k_z} \quad (5.3)$$

$$\tau_s = \frac{F}{4 \cdot a \cdot l}$$

$$\tau_{s\,DZV} = 0,65 \cdot \frac{235}{2,5}$$

$$\tau_s = \frac{50 \cdot 10^3}{4 \cdot 4 \cdot 113}$$

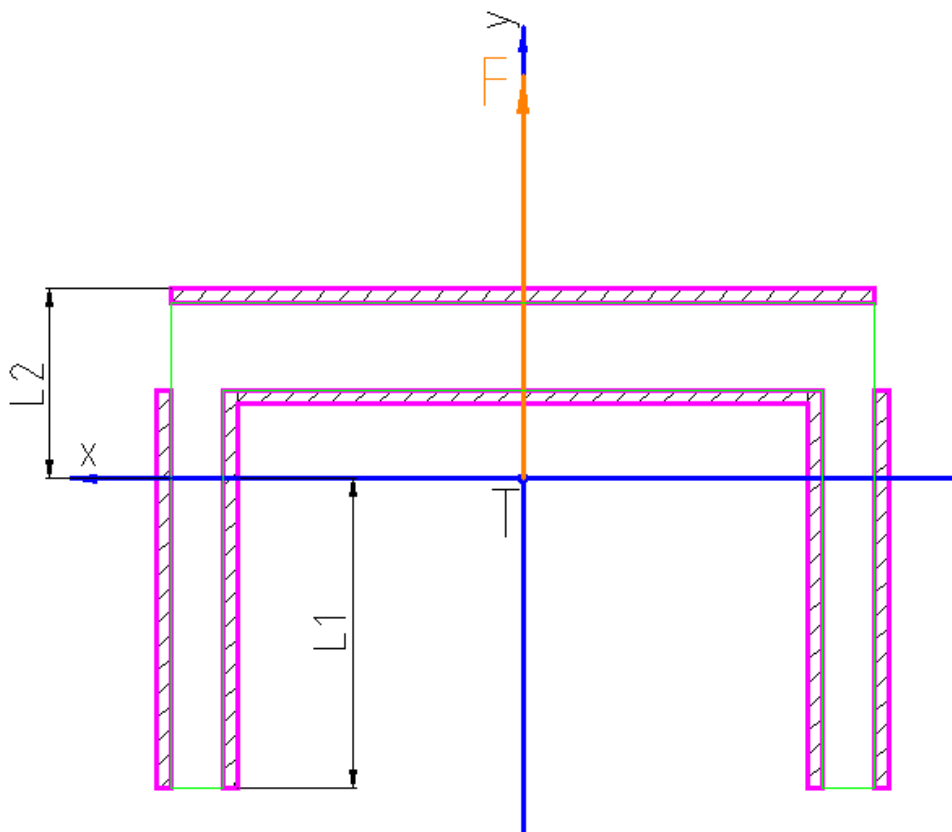
$$\tau_{s\,DZV} = 61,1 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_s = 27,65 \text{ [MPa]}$$

Z toho vyplýva, že podmienka :  $\tau_s \leq \tau_{s\,DZV} \rightarrow 27,65 \leq 61,1$  je splnená a teda navrhnutý zvar o veľkosti  $a=4$  mm vyhovuje. Účinkom sily  $F$  je zvar namáhaný súčasne ohybom a šmykom preto menovité šmykové napätie od ohybového momentu bude mať tvar :

$$\tau_o = \frac{M_o}{W_{oZVx}} \leq \tau_{o\,DZV} = k_3 \cdot \sigma_{Dt} = k_3 \cdot \frac{R_e}{k_z} \quad (5.4)$$

Aby som bol schopný určiť modul prierezu v ohybe musel som si najskôr spočítať osový moment zotrvačnosti k ose x. Vzhľadom na nesúmerné uloženie zvarov (obr. č. 5.2) som si hodnotu zotrvačnosti nechal vypočítať programom Autodesk Mechanical Desktop. Výsledok výpočtu je znázornený v tab. č. 5.2.



Obr. č. 5.2 Grafický výpočet momentov zotrvačností zvarov

$J_{SVx} [mm^4]$	6 225 710
$J_{SVy} [mm^4]$	19 719 120
$L1 [mm]$	87,87
$L2 [mm]$	54,14

Tab. č. 5.2 Hodnoty momentov zotrvačností a ich vzdialenosti od ťažiska T

Po dosadení bude mať výpočet šmykového napätia od ohybového momentu tvar:

$$\tau_o = \frac{M_o}{W_{ozVx}}$$

$$(5.5) \quad \tau_{o \text{ DZV}} = k_3 \cdot \frac{R_e}{k_z} \quad (5.6)$$

$$\tau_o = \frac{F \cdot L}{\frac{J_{SVx}}{L1}}$$

$$\tau_{o \text{ DZV}} = 0,75 \cdot \frac{235}{2,5}$$

$$\tau_{o \text{ DZV}} = 70,5 [MPa]$$

$$\tau_o = \frac{50 \cdot 10^3 \cdot 90}{\frac{6225710}{87,87}}$$

$$\tau_o = 63,51 \text{ [MPa]}$$

Z toho vyplýva, že podmienka :  $\tau_o \leq \tau_{o \text{ DZV}} \rightarrow 63,51 \leq 70,5$  je splnená a teda navrhnutý zvar o veľkosti  $a=4$  mm pevnostne vyhovuje.

Zvary platní, ktoré sú použité na spojenie váh a zároveň na prenos zaťaženia do snímačov z jedného vážiaceho mostu na druhý, nenesú v skutočnosti celé zaťaženie vznikajúce pri vážení cestných vozidiel. Časť zaťaženia sa totižto tým, že sú platne uložené na sebe a vzájomne priskrutkované, prenesie na spodnú platňu snímača. Preto som na ich kontrolu použil len zjednodušenú pevnostnú analýzu metódou konečných prvkov (MKP). Pevnostný výpočet som vykonal softvérom Autodesk Inventor 2009 Professional, čo je svetovo najpredávanejšia CAD aplikácia pre strojárenskú 3D konštrukciu, ktorá umožňuje :

- pracovať s obzvlášť vysokým výkonom pri rozsiahlych zostavách
- vytvárať náčrty s prvotným riešením funkčnosti a následným riešením tvaru
- používať existujúce DWG výkresy AutoCADu
- intuitívne vytvárať a modifikovať konštrukčné zostavy
- vytvárať 2D výkresovú dokumentáciu rýchlejšie a presnejšie ako pomocou 2D CAD nástrojov
- používať výpočtové nadstavby pre kontrolu konštrukčných prvkov [15f]

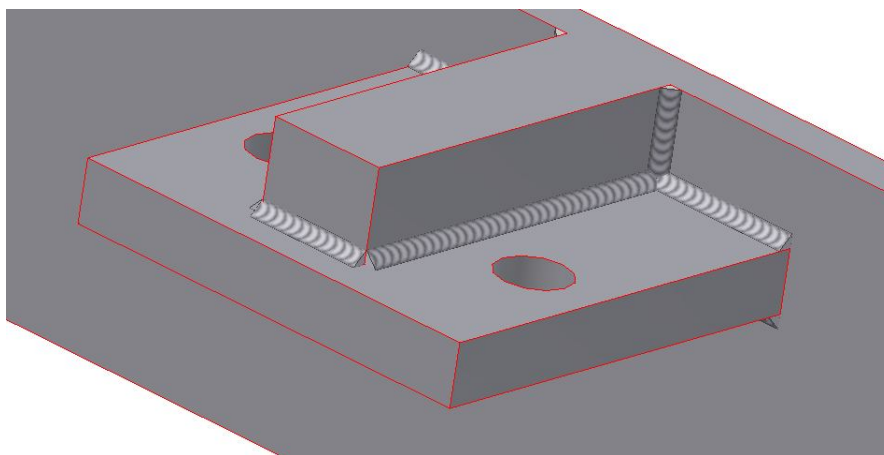
Výpočet MKP je v súčasnosti jedna z najpoužívanejších metód používaných pre pevnostné výpočty najrôznejších inžinierskych úloh, čo jeden z hlavných dôvodov prečo som ju použil. MKP je numerická metóda, ktorou sa získavajú približné riešenia rôznych úloh. Výsledkom výpočtu je vždy odhad chýb riešenia úlohy a tiež určenie konkrétneho miesta výskytu chyby. Táto metóda sa používa u väčšiny inžinierskych problémov. Len veľmi jednoduché úlohy je možné riešiť analyticky. Veľkou výhodou výpočtu MKP je tiež v možnosti grafického znázornenia intenzity a polohy vzniknutých deformácií.

Postup výpočtu metódou konečných prvkov :

### 1) Geometrický model

Nutnou podmienkou pre výpočet MKP je vytvoriť si 3D geometrický model súčasti. Tento model by mal byť hodnovernou kópiou originálu. Pri dokonalom namodelovaní súčastí sú výsledky výpočtu veľmi presné a hlavne vierohodné. Avšak niektoré časti (napr. snímače zaťaženia) sa nedajú úplne presne vymodelovať a preto sa takéto prvky zjednodušujú. Pretože sa niektoré prvky zjednodušia je nutné aspoň nadefinovať ich vlastnosti tak, aby sa blížili realite. V mnohých prípadoch je ale zjednodušovanie modelov výhodné, a to z hľadiska potreby rýchleho výsledku približného riešenia a tiež ak nechceme, aby pri vytváraní siete modelov zložitých tvarov nevznikali žiadne problémy.

V mojom prípade bolo nutné aby som model, ktorý sa skladá z troch partov vymodeloval ako jeden celok (obr. č. 5.3). Dôvodom je, že výpočet MKP robím v programe Autodesk Inventor 2009 čo je ešte verzia, ktorou nie je možné počítať pevnostnú analýzu zostáv ale len prvkov. Na obrázku č. 5.3 som vyznačil pre názornosť aj použité zvary, ktoré sú predmetom pevnostného výpočtu.

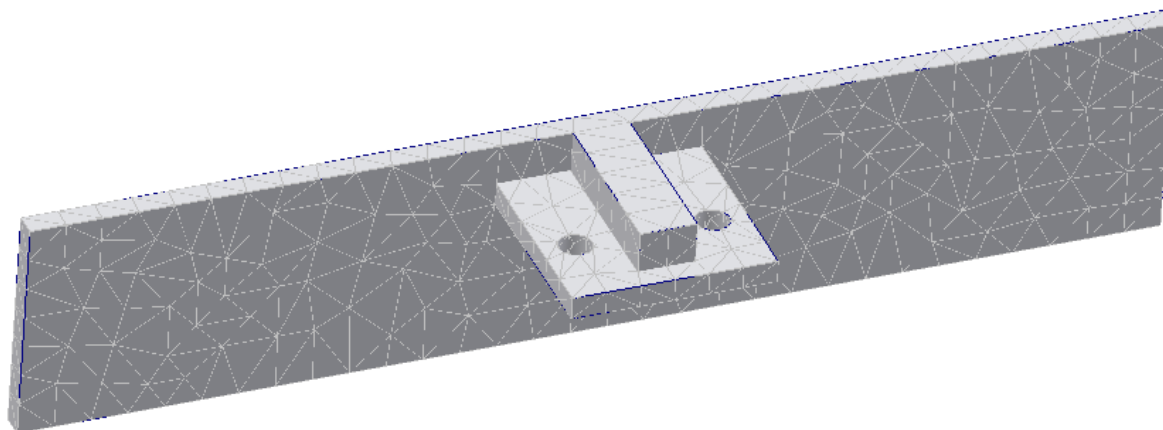


Obr. č. 5.3 Geometrický model platní so zvarmi

### 2) Výpočtový model

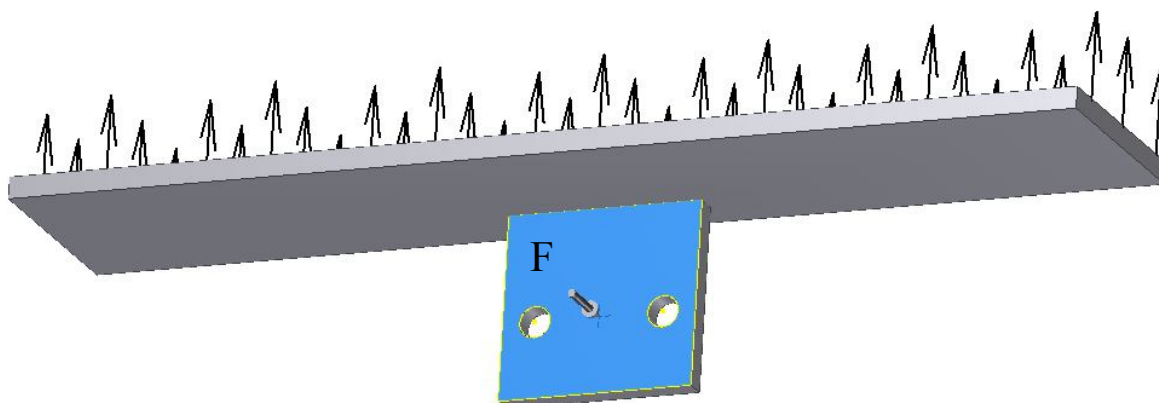
Pri výpočtovom modeli je najdôležitejšie vytvorenie už spomínanej siete modelovanej súčasti. Jej vytvorenie spočíva v tom, že každá súčasť sa nahradzuje odpovedajúcou sústavou menších prvkov (elementov). Toto má za následok to, že riešenie problému celého telesa sa pretransformuje na problém pre jeho jednotlivé časti, v ktorých sú neznáme funkcie (napr. deformácie) približne popísané vo zvolených bodoch (uzloch). Dôležité je, aby

každý element splňoval kritéria deformácie. Sieť súčastí vytvorená pre tento výpočet je automaticky vygenerovaná výpočtovým programom a jej podoba je znázornená na obr. č. 5.4. V mojom prípade som použil pre vytvorenie siete elementy tvaru pravidelného štvorstenu. Voľba veľkosti štvorstenu a celkové delenie na elementy nie je v žiadnom prípade jednoznačné a je značne ovplyvnené technickými skúsenosťami riešiteľa úlohy. Hustotu siete som volil najvyššie možnú (+100), z dôvodu, že sa nejedná o zložitý model a tiež, aby výsledky výpočtov boli čo najpresnejšie.



Obr. č. 5.4 Výpočtový model s vytvorenou sieťou

U výpočtového modelu sa zadáva taktiež ukotvenie a silové pôsobenie na počítanú súčasť. V tomto prípade som pevnú väzbu umiestnil na stenu krajného plechu (obr. č. 5.5), ktorý je v skutočnosti privarený resp. ukotvený na nosnej tyči profilu U 200. Znamená to teda, že jej bolo odobraných 6 stupňov voľnosti v 3D. Posuv ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) a natočenie ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ). Sila od zaťaženia vozidlom je presne umiestnená v bode, ktorým prechádza osa snímača (obr. č. 5.5). Zaťaženie pôsobiace na zvary platní pri výpočte šmykového napätia od ohybového momentu samozrejme nepôsobí iba v tomto bode ale je rozložené po ploche platne. Silu som do tohto bodu umiestnil, aby bolo zrejmé to, na akom ramene zaťaženie pôsobí, defakto kde sa približne nachádza snímač zaťaženia. V prípade výpočtu šmykového napätia od posúvajúcej sily je zaťaženie zavedené rovnobežne s platňou krajného plechu väziaceho mostu. Veľkosť sily volím tak isto ako pri analytickom výpočte šmykových napätí 50 000 N.



Obr. č. 5.5 Výpočtový model s okrajovými podmienkami

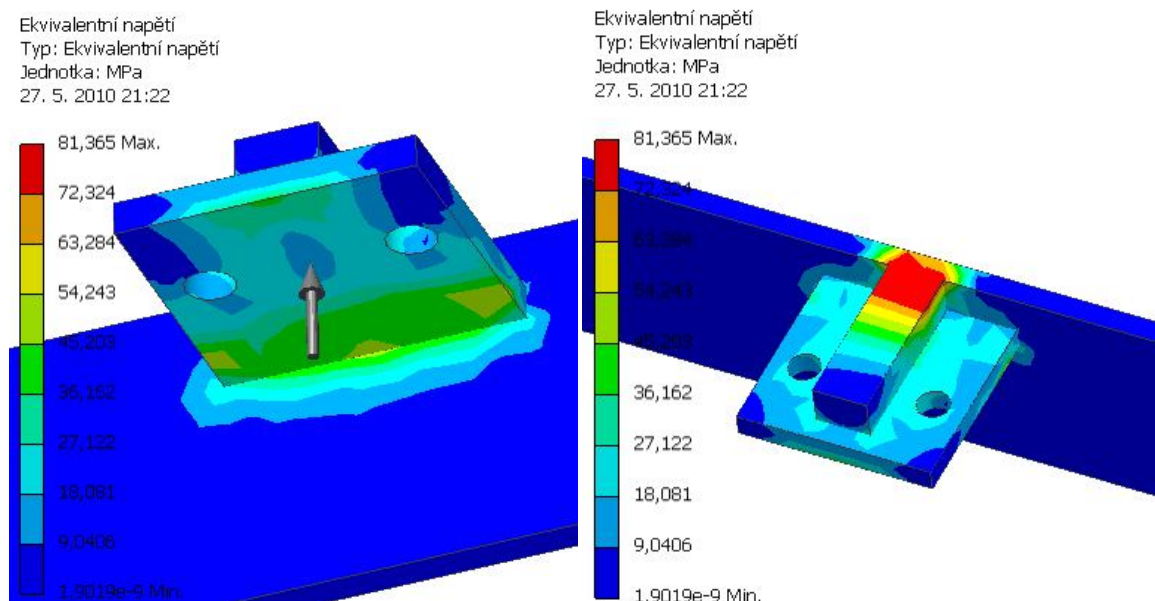
### 3) Pevnostný výpočet

Pevnostný výpočet v tomto prípade trval asi 30 sekúnd, čo je vzhľadom na nevelkú náročnosť výpočtového modelu, ktorý je navyše vymodelovaný z jedného kusu, pochopiteľné. V mnohých prípadoch pevnostných výpočtov je nutné model dodatočne správne odladiť. Je to z dôvodu, aby bolo možné získané hodnoty považovať za korektné. Stáva sa to prevažne u rozsiahlych a tvarovo náročnejších úloh. Tieto prípady preveria skúsenosti a technické cítenie riešiteľa úlohy. V mojom prípade je model skutočne jednoduchý, a preto výpočet prebehol úplne hladko bez akýchkoľvek komplikácií a nebolo teda nutné nič doladovať.

### 4) Výsledky pevnostného výpočtu

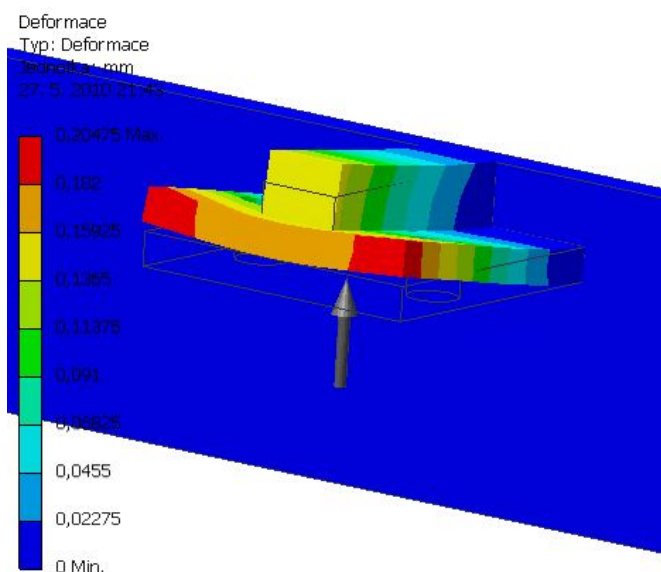
Výstupom pevnostného výpočtu je priebeh a intenzita napätia súčasti v MPa. Výpočtom je možné získať prehľad o deformácii zaťažených častí modelu. Hlavným cieľom výpočtu v tomto prípade bola snaha získať hodnoty najväčšieho šmykového napätia zvarov od ohybového momentu a od posúvajúcej sily. Ako bolo už spomenuté, výpočtový model je vytvorený ako jeden part (kus), a preto výsledné hodnoty pochopiteľne nie sú úplne presné a použiteľné pre dokonalú kontrolu zvarov. Jedná sa iba o zjednodušenú pevnostnú analýzu, avšak výsledky sú vierohodné a ich charakter postačujúco vytvára pohľad o vzniknutom napätí, ktorému sú plechy resp. zvary vystavené.

Na obrázku č. 5.6 je znázornený výsledok výpočtu MKP platne, ktorej zvary sú zaťažené účinkom ohybového momentu. Dĺžka ramena, na ktorom ohybový moment pôsobí je 0,1 m.



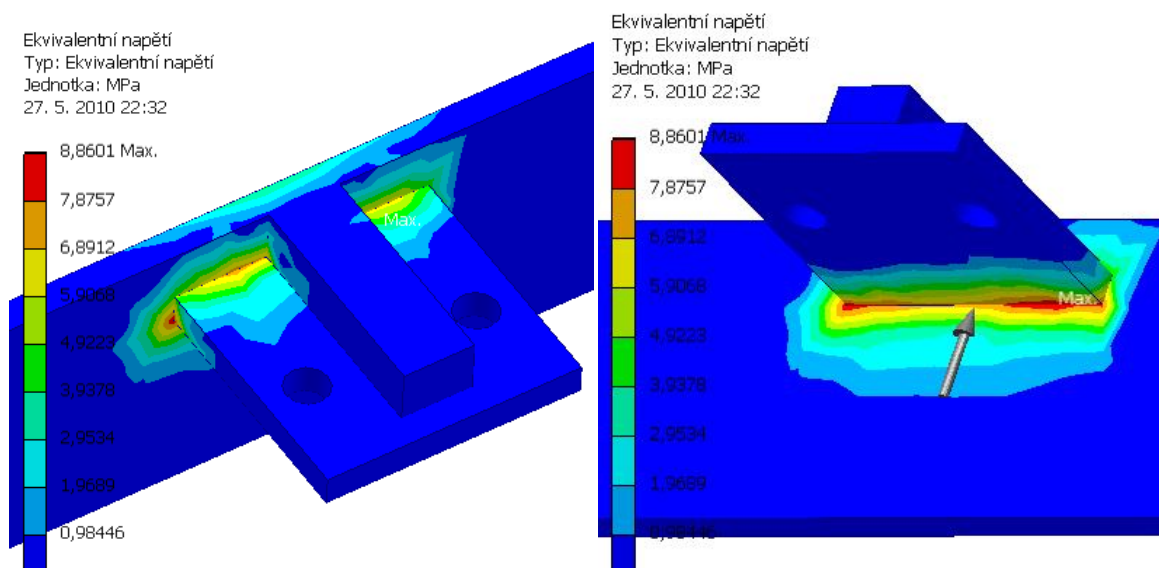
Obr. č. 5.6 Výsledok výpočtu MKP spojovacej platne namáhanej ohybom

Deformácia namáhaného spojovacieho plechu je na obr. č. 5.7. Maximálna hodnota je 0,205 mm čo je z hľadiska uloženia plechov pri vzájomnom spojení prípustná hodnota. Na obrázku nie je reálne posunutie od zaťaženia, ale samozrejme deformácia zobrazená v mierke pre lepšie znázornenie deformácie.



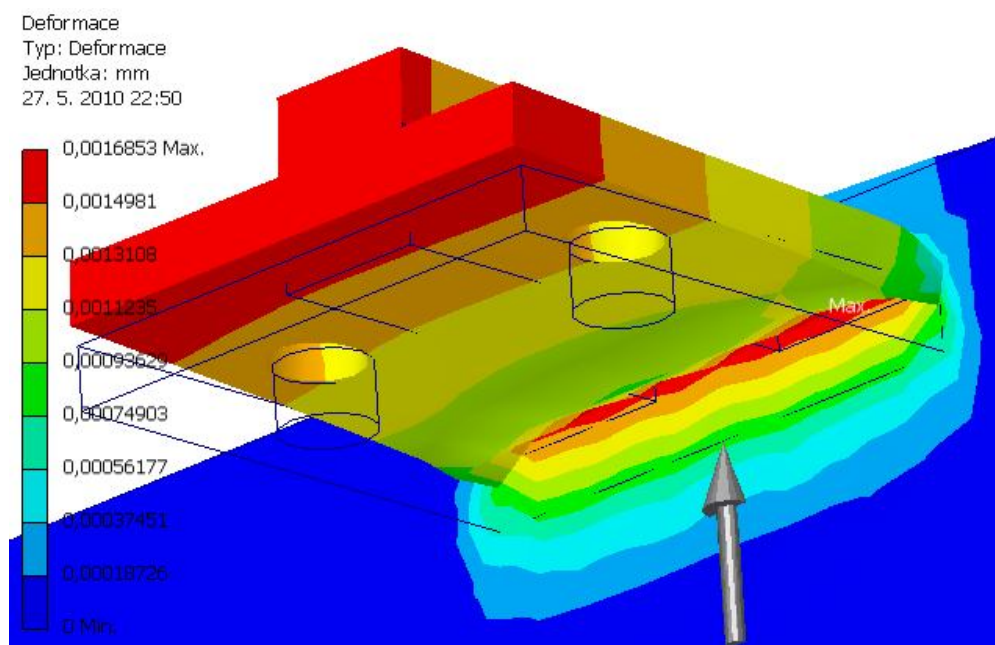
Obr. č. 5.7 Deformácia spojovacej platne namáhanej ohybom

Výpočet je vyriešený aj pre variantu so silou umiestnenou v mieste priečného zvaru. Je to miesto votknutia spojovacej platne a krajnej platne väžiaceho mostu. Účinkom pôsobiacej sily je zvar namáhaný menovitým šmykovým napätím od posúvajúcej sily. Na obrázku č. 5.8 je znázornený výsledok výpočtu.



Obr. č. 5.8 Výsledok výpočtu MKP spojovacej platne namáhanej šmykom

Deformácia, ktorá u tohto zaťaženia vznikla je značne malá čo je celkom logické vzhľadom na to kde sila pôsobí. Maximálne posunutie vyšlo len 0,00168 mm čo je úplne zanedbateľná hodnota. Veľkosť deformácie u tohto variantu výpočtu (obr. č. 5.9) je tak malá, pretože zaťažujúca sila je uložená práve v mieste spoja platní kde je najvyššia pevnosť v šmyku.



Obr. č. 5.9 Deformácia spojovacej platne namáhanej šmykom

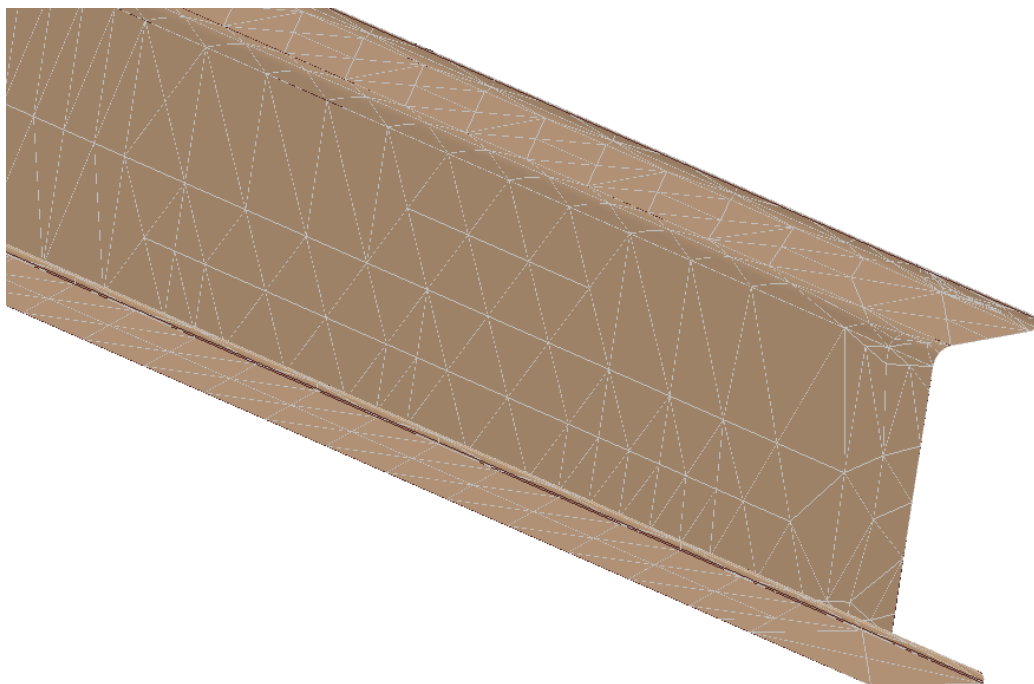
Z výsledkov výpočtov MKP je jednoznačne vidieť, že zvary použité na spojenie jednotlivých platní by mali vyhovieť. Toto si dovoľujem tvrdiť na základe toho, že maximálne hodnoty napätí, ktoré vznikli od zaťaženia, nepresahujú hodnotu medze klzu materiálu, z ktorého sú použité plechy vyrobené.



## 5.2 Pevnostný výpočet nosného prierezu vážiaceho mostu

Skladbu vážiaceho mostu som už riešil v kapitole 4.1, kde je uvedené, že hlavný nosným prierezom je tyč profilu U 200. Každý vážiaci most sa skladá zo štyroch nosných tyčí, ktoré sú privarené (votknuté) z oboch strán k platniam z hrubého plechu. Najväčšie zaťaženie od cestných vozidiel je cez vrchné platne prenášané práve do nosných tyčí z profilu U 200. Pevnostný výpočet som taktiež vykonal metódou konečných prvkov v programe Autodesk Inventor Professional 2009.

Postup výpočtu je úplne totožný s pevnostnou analýzou kontroly zvarov, ktorú som riešil v predošlom prípade. Na výpočet mi stačí použiť iba jeden z nosných profilov, a to z dôvodu, že všetky 4 tyče vážiaceho mostu prenášajú rovnaké množstvo zaťaženia. Po vymodelovaní tyče profilu U 200 dĺžky 3,68 m som si vytvoril sieť modelu, ktorá je znázornená na obr. č. 5.10. Pri návrhu siete som opäť zvolil elementy tvaru pravidelného štvorstenu a hustotu (presnosť) siete +100.



Obr. č. 5.10 Sieť nosnej tyče profilu U 200

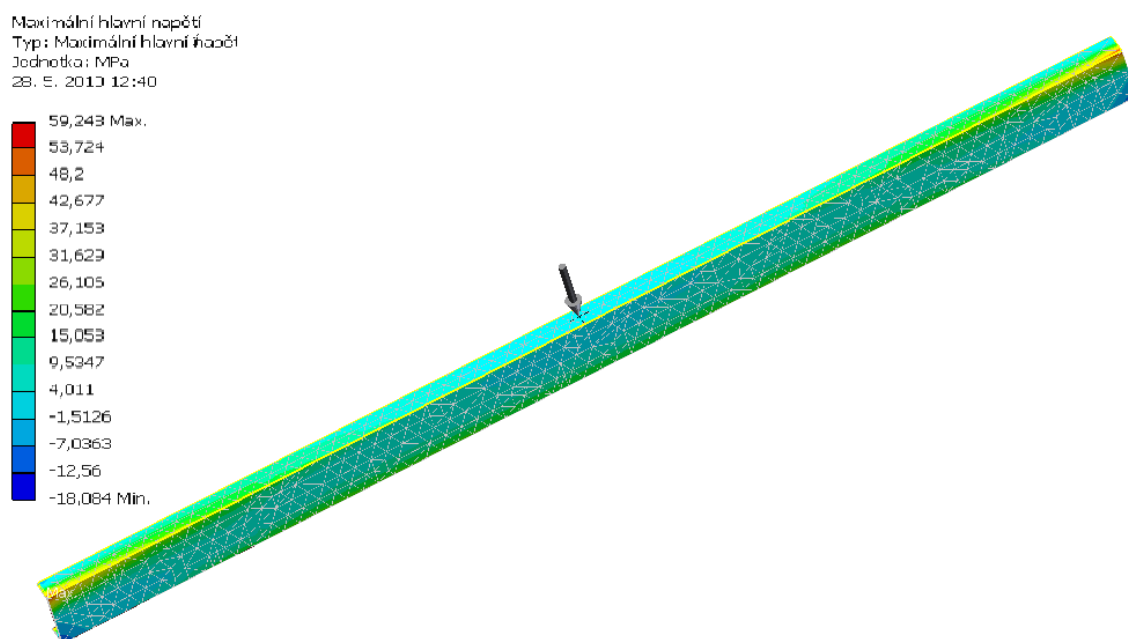
Tyč som ukotvil pevnou väzbou na oboch koncoch. Je to prakticky totožný spôsob ukotvenia tyče na vážiacom moste. Zaťaženie je umiestnené na celej bočnej ploche profilu vo dvoch variantoch. U varianty č.1 bude na nosník pôsobiť zaťaženie od jednej nápravy váženého vozidla a v prípade varianty č.2 od dvoch náprav. Sú to situácie, ktoré budú pri vážení bežne vznikať, a preto budem počítať s oboma prípadmi zaťaženia nosníka. V prípade zaťaženia jednou nápravou bude na nosník pôsobiť sila  $F_1$  s hodnotou 12 500 N. Čo je v podstate zaťaženie 50 000 N od kolového tlaku rozdelené medzi 4 nosné tyče, ktoré tvoria jednu časť polovice vážiaceho mostu. Sila 50 000 N je zadaná

a jedná sa o kolový tlak cestného vozidla, ktoré svojou konštrukciou splňuje podmienky normy DIN 8119. Je logické, že pri výpočte druhej varianty budem nosník zaťažovať dvoma silami  $F_2$  a  $F_3$ . Hodnota každej sily bude 12 500 N. Vzďialenosť síl od seba bude 1,320 m čo je skutočná hodnota vzdialeností náprav kolies nákladného vozidla TATRA 815.

Po úspešnom zadaní okrajových podmienok je možné pristúpiť k samotným pevnostným výpočtom oboch variant:

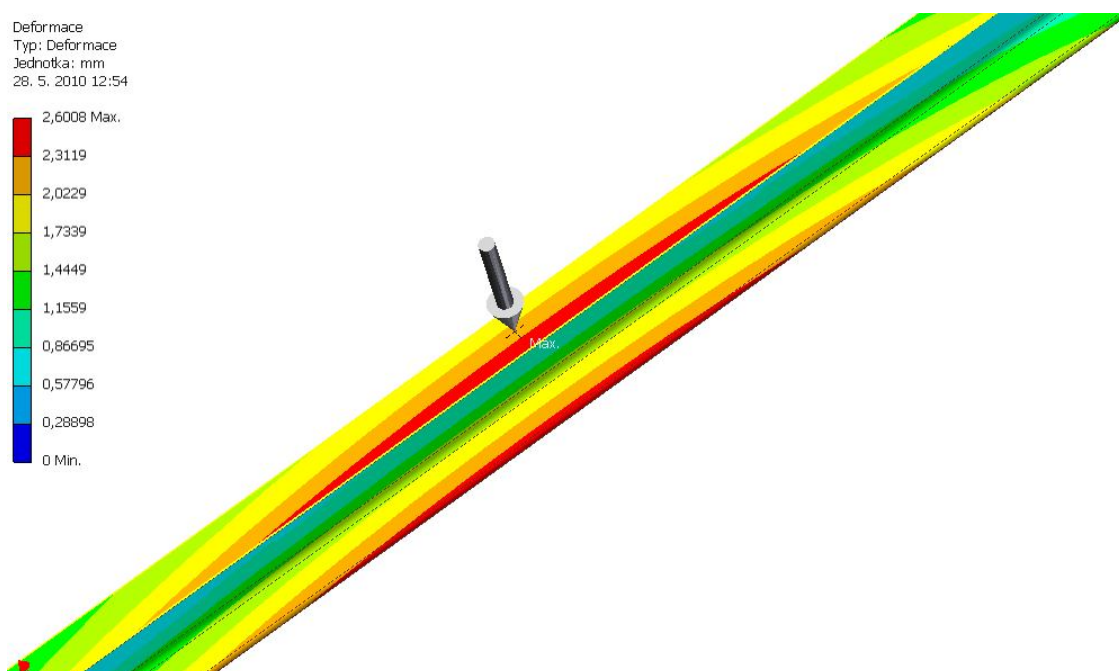
Variant č.1) Prípad, pri ktorom je použité zaťaženie jednou silou  $F_1 = 12\,500\text{ N}$ .

Sila je umiestnená do stredu nosníka, a to z dôvodu, že v tomto mieste by mal byť nosník namáhaný najviac. Výsledok pevnostného výpočtu je na obr. č. 5.11. Z výsledku je zrejmé, že najväčšie napätie vzniká na krajoch nosníka kde je nosník ukotvený zvarovým spojom s krajnými platňami. To, že sú max. napätia na koncoch tyče svedčí o tom, že sa zaťaženie prenáša zo stredu nosníka do snímačov zaťaženia. Výška maximálneho napätia je približne 60 MPa čo je z hľadiska pevnosti použitých materiálov únosné.



Obr. č. 5.11 Výsledok výpočtu MKP nosníka zaťaženého silou  $F_1$

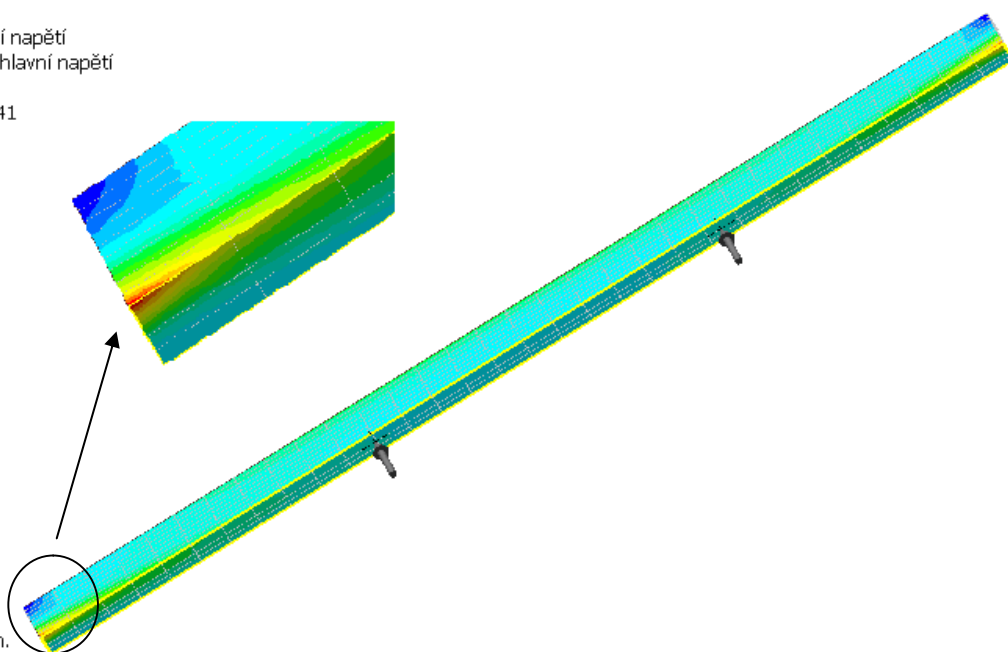
Na obrázku č. 5.12 je zobrazená deformácia od zaťaženia. Hodnota max. posunutia je približne 0,002 m čo je na celkovej dĺžke nosníka 3,680 m zanedbateľná hodnota.

Obr. č. 5.12 Výsledok výpočtu MKP deformácií od sily  $F_1$ 

Variant č.2) V tomto prípade pôsobia na nosník dve sily, ktoré sú od seba vzdialené 1,32 m. Uloženie síl bude vzdialené od mysleného stredu váhy 1,19 m. Je to hodnota, ktorú som si spočítal z rozmerového rozboru vzdialeností náprav vozidla TATRA 815 vid' príloha č. B1. Na tento výpočet som použil okrem siete s elementmi tvaru pravidelného štvorstenu aj sieť s elementmi tvaru hranola o rovnakej hustote sietí +100. Týmto som chcel len zistiť ako veľmi ovplyvní výpočet tvar elementu siete so zreteľom na pravdivosť výsledkov MKP. Po úspešnom zavedení síl som získal hodnoty max. napätí. Rozdiel napätí je cca 22 MPa čo nie je vzhľadom na pevnosť materiálu tyče hodnota, ktorá by spochybňovala pevnostnú analýzu, a teda výsledky je možné považovať za dostatočne presné. Na obr. č. 5.13 je znázornený výsledok MKP s použitím siete s elementmi tvaru hranola. Výsledky výpočtu, u ktorého sú použité pravidelné štvorsteny je na obr. č. 5.14.

Maximální hlavní napětí  
 Typ: Maximální hlavní napětí  
 Jednotka: MPa  
 30. 5. 2010 20:41

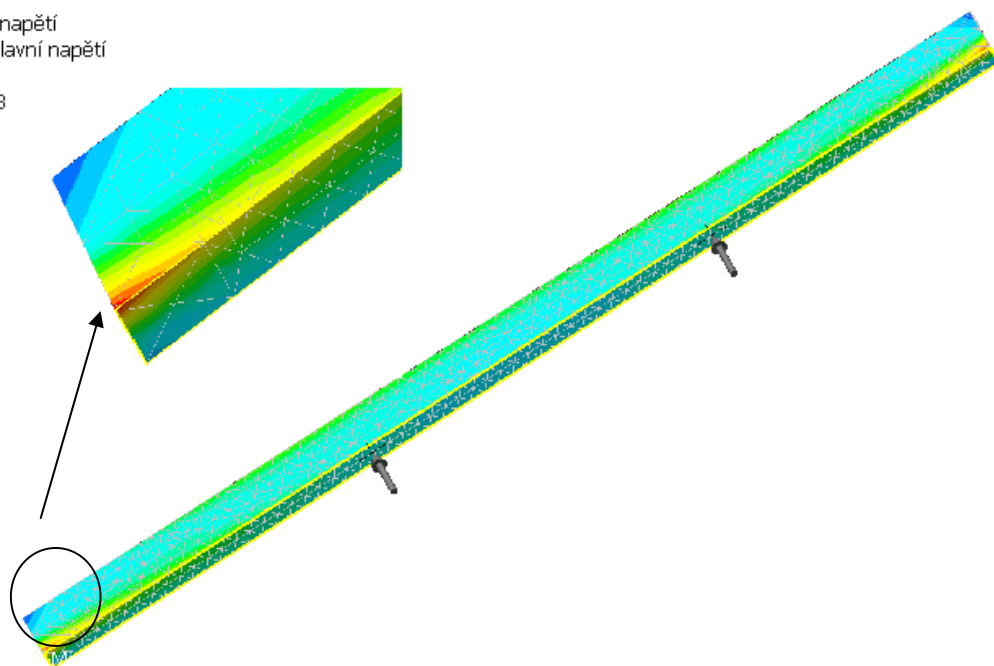
130 Max.  
 118,21  
 106,42  
 94,631  
 82,841  
 71,051  
 59,26  
 47,47  
 35,68  
 23,889  
 12,099  
 0,30852  
 -11,482  
 -23,272  
 -35,062 Min.



Obr. č. 5.13 Výsledok výpočtu MKP maximálneho napätia od síl  $F_2$  a  $F_3$  (element siete tvaru hranola)

Maximální hlavní napětí  
 Typ: Maximální hlavní napětí  
 Jednotka: MPa  
 30. 5. 2010 22:13

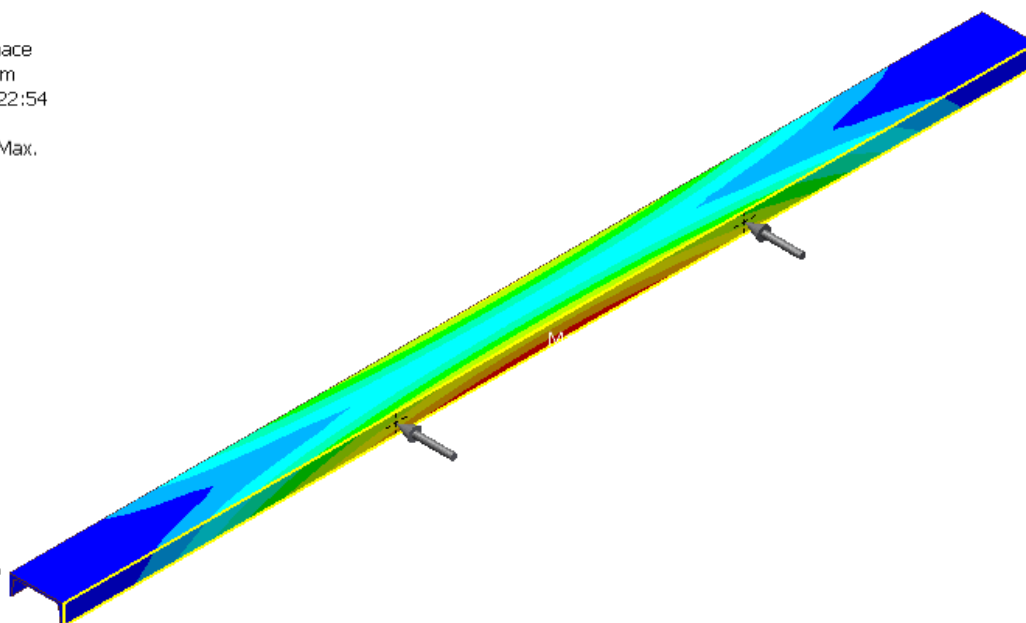
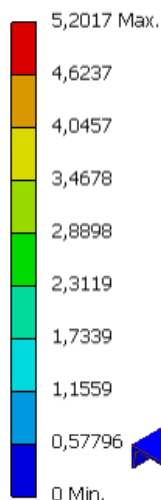
118,5 Max.  
 107,45  
 96,401  
 85,354  
 74,306  
 63,259  
 52,211  
 41,164  
 30,117  
 19,069  
 8,0221  
 -3,0253  
 -14,073  
 -25,12  
 -36,167 Min.



Obr. č. 5.14 Výsledok výpočtu MKP maximálneho napätia od síl  $F_2$  a  $F_3$  (element siete tvaru pravidelného štvorstenu)

Maximálne napätie je dva krát tak väčšie ako pri zaťažení jednou silou čo je úplne v poriadku a značí o tom, že náhodné rozmiestnenie zaťaženia na nosník neovplyvňuje váživosť mostu. Maximálne napätia sú opäť na krajoch nosníka čo znamená, že zaťaženie od náprav sa šíri opäť správne do snímačov zaťaženia. Deformácie (obr. č. 5.15) sa šíria rovnakým spôsobom a hodnota posunutia je približne dva krát tak väčšia ako v prípade varianty č.1.

Deformace  
Typ: Deformace  
Jednotka: mm  
30. 5. 2010 22:54



Obr. č. 5.15 Výsledok výpočtu MKP deformácií od sily  $F_2$  a  $F_3$

### 5.3 Výpočet ceny za použitý materiál na oceľovú konštrukciu váhy

Ceny materiálu potrebného na výrobu oceľovej konštrukcie váhy sú v tabuľkách č. 5.3 a 5.4. Váha sa v podstate skladá z tyčí profilu U a z hrubých plechov valcovaných za tepla z materiálu 11 375.

Tyč profilu U	Dĺžka [m]	Prepočet Kg/m	Hmotnosť [kg]	Cena Kč/kg	Cena [Kč]
100	35,8	10,6	379,5	17	<b>6 451,50</b>
180	8,9	22,0	195,8	17	<b>3 328,60</b>
200	58,9	25,3	1 490,2	18	<b>26 823,60</b>
<b>Spolu:</b>					<b>36 603,70</b>

Tab. č. 5.3 Výkaz ceny ocele tyčí profilu U

Hrúbka plechu [mm]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Predajné m <sup>2</sup> za kus	Kg/ks	Cena Kč/kg	Cena [Kč]
10	0,29	2	160	17,50	<b>2 800</b>
15	0,13	2	240	21	<b>5 040</b>
20	1,86	2	320	21	<b>6 720</b>
25	0,89	2	400	25	<b>10 000</b>
<b>Spolu:</b>					<b>24 560</b>
Hrúbka plechu „Floor Plate“ [mm]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	Predajné m <sup>2</sup> za kus	Kg/ks	Cena Kč/kg	Cena [Kč]
8	22,5	4,5	300	18,50	<b>27 750</b>
<b>Spolu:</b>					<b>52 310</b>

Tab. č. 5.4 Výkaz ceny ocele plechov valcovaných za tepla

Po zosumarizovaní všetkých položiek mi vyšla približná cena za materiál ocelevej konštrukcie váhy cca 90 000 Kč. Táto cena ale môže byť o 15 000 Kč nižšia ak počítame, že prebytočný materiál, ktorý vznikne najmä u plechov ďalej využijeme.

## 6 Návrh železobetónovej konštrukcie váhy

Nakoľko sa problematike návrhu železobetónových konštrukcií nerozumiem a ani firma Tenzona s.r.o. sa týmto nezaobrá, bola konštrukcia navrhnutá autorizovaným stavebným inžinierom. Tento vyhotovil dokumentáciu s návrhom váhy, ktorá je v prílohe B3. Pre mňa je kľúčový výkaz výstuže, podľa ktorého som mohol spočítať aspoň orientačne cenu za materiál na výrobu váhy zo železobetónu a porovnať ju s cenou materiálu potrebného na výrobu ocelevej konštrukcie.

### 6.1 Výpočet ceny za materiál železobetónovej konštrukcie váhy

V tabuľke č. 6.1 a 6.2 sú uvedené jednotlivé položky kruhovej výstuže potrebné k výrobe železobetónovej konštrukcie váhy a taktiež ich cena.

Priemery roxorov [mm]	Dĺžka [m]	Dĺžka + 5% na prestrih [m]	Prepočet Kg/m	Hmotnosť [kg]	Cena Kč/kg	Cena [Kč]
8	60,40	63,42	0,40	25,37	17,10	<b>433,80</b>
12	237,04	248,89	0,88	219,02	17,50	<b>3 832,90</b>
16	139,26	146,22	1,58	231,03	16	<b>3 696,50</b>
20	164,80	173,04	2,45	425,95	16	<b>6 815,20</b>
<b>Cena výstuže z roxorov spolu:</b>						<b>14 778,40</b>

Tab. č. 6.1 Výkaz ceny za výstuž z roxorov panelu 1

Priemery roxorov [mm]	Dĺžka [m]	Dĺžka + 5% na prestrih [m]	Prepočet Kg/m	Hmotnosť [kg]	Cena Kč/kg	Cena [Kč]
8	60,40	63,42	0,40	25,37	17,10	<b>433,80</b>
12	185,16	194,42	0,88	171,09	17,50	<b>2 994,10</b>
16	139,26	146,22	1,58	231,03	16	<b>3 696,50</b>
20	170,80	179,34	2,45	439,38	16	<b>7 030,10</b>
<b>Cena výstuže z roxorov spolu:</b>						<b>14 154,50</b>

Tab. č. 6.2 Výkaz ceny za výstuž z roxorov panelu 2

V paneloch je okrem výstuže z roxorov použitá aj železná sieť do betónu tzv. KARI. Podľa vypracovaného projektu je v každom paneli  $18,6 \text{ m}^2$  tejto výstuže a po prepočítaní ceny za kus siete (588 Kč za kus o rozmeroch  $2 \times 3 \text{ m}$ ) som spočítal, že cena použitej výstuže tohto typu je 3 530 Kč. Snímače sú uložené vo zvarencoch z tyčí profilu U 140 a tenkých plechov. Cena tyčí použitých na zvarence je 2 915,8 Kč. V cene váhy zo železobetónu je zahrnutá aj cena betónu o sile C 45/55. Pre oba panely je potrebných cca  $9 \text{ m}^3$  betónu a pri cene 2 700 Kč za  $\text{m}^3$  sú náklady betónu použitých na výrobu váhy 24 300 Kč (v cene nie je zahrnutá doprava betónu). Po spočítaní všetkých základných mat. použitých na výrobu váhy som sa dopracoval k sume cca 60 000 Kč. Táto suma určite nezahrňuje všetky položky materiálov použitých na výrobu váhy ale na porovnanie s cenou za materiál ocelevej konštrukcie to bohato stačí.

## 7 Porovnanie ocelevej a železobetónovej konštrukcie

Obe konštrukcie dokonale spĺňajú všetky kritéria kladené na návrh váhy avšak jedna z nich sa na výrobu a použitie hodí viac. Je to samozrejme konštrukcia váhy zo železobetónu, ktorej len náklady na materiál sú približne o 30% nižšie ako u ocelevej konštrukcie. Výroba váhy zo železobetónu je menej náročná a hlavne rýchlejšia. Jej konštrukcia nepodlieha poveternostným vplyvom ako je napr. korózia a vykazuje vyššiu odolnosť proti mechanickému poškodeniu. Má však aj nevýhody, a to že je značne ťažšia čím môžu vznikajú vyššie požiadavky pri jej inštalácii alebo doprave. Výhodou ocelevej konštrukcie váhy je, že väčšina použitých materiálov je recyklovateľná. Tieto skutočnosti ale nemenia nič na fakte, že železobetónová konštrukcia je v tomto prípade výhodnejšia a ak by som bol investorom tohto projektu volil by som jednoznačne variantu cestnej váhy zo železobetónu.

## 8 Výroba váhy

Ako som už spomínal váhu už vyrobil súkromný podnikateľ na zákazku firmy Tenzona s.r.o. Okrem váhy samotnej vyrobil aj nájazdy na váhy podľa dokumentácie poskytnutej zadávateľom. Váha sa v súčasnej dobe už používa v zbernom dvore druhotných surovín. Skutočná podoba vyrobenej cestnej pri montáži váhy je na obr. č. 8.1a, 8.1b a 8.1c.





Obr. č. 8.1a Vyrobená a zmontovaná cestná váha



Obr. č. 8.1b Uloženie váhy na betónových pätkách



Obr. č. 8.1 Montáž spodného rámu váhy



## 9 Montáž cestnej semimobilnej váhy

Tento typ váhy je výhodný v tom, že je ho možné kedykoľvek demontovať a premiestniť na iné miesto bez toho, aby sme na prevoz potrebovali špeciálne vozidlá na prepravu nadrozmerných nákladov. Najskôr je do betónu skrutkami ukotvená jedna časť spodného rámu váhy a potom sa k nej privarí a následne priskrutkuje druhá časť. Na kompletný spodný rám sa uložia atrapy snímačov. Toto opatrenie sa vykonáva, aby sa snímače pri montáži nepoškodili prípadne úplne nezničili. Na atrapy sa uložia následne obe časti nosných mostov váhy, ktoré sa k sebe priskrutkujú. V prípade, že je všetko v poriadku sa atrapy snímačov vymenia za skutočné a váha je po kalibrácii pripravená na váženie.

## 10 Kalibrácia váhy

Kalibrácia meradiel je súbor úkonov, ktorými sa za špecifikovaných podmienok stanovuje vzťah medzi hodnotami veličín, ktoré sú indikované meracím prístrojom (váhou) a zodpovedajúcimi hodnotami, ktoré sú realizované etalónmi. Etalóny sú meradlá, ktoré umožňujú splnenie určitých metrologických požiadaviek:

- má potrebné technické a metrologické vlastnosti a je vybavené príslušnou dokumentáciou,
- používa sa výhradne na účely reprodukcie, uchovávaní jednotky veličiny a prenosu jej hodnoty na iné meradlá,
- technika prenosu jednotky na iné meradlá sa musí dať realizovať,
- malá závislosť od ovplyvňujúcich veličín.

## 11 Záver

Konštruovanie a budovanie váh a vážiacich systémov sa na jednej strane vďaka elektronizácii a štandardizácii významne zjednodušilo, na druhej strane sa ale ukázala celá rada predtým neznámych problémov súvisiacich s návrhom bezchybných a odolných prenosov zaťažovacích síl do snímacích zariadení.

Základom pri návrhu cestnej váhy bolo použiť taký nosný prierez, aby bola splnená podmienka prenosu zaťažovacích síl priamo do snímačov zaťaženia v každej polohe zastavenia kolies vozidla. V mojom prípade som dal na skúsenosti konštruktérov spoločností zaoberajúcich sa výrobou tzv. stavebnicových váh, a preto som zvolil tyč prierezu U. Spevnenie tyčí plechmi bolo nevyhnutné z hľadiska pevnosti a nosnosti mostu. Tieto fakty som nakoniec aj dokázal pevnostným výpočtom, kde sa ukázalo ako nosná tyč prierezu U prenáša zaťaženie od jednotlivých náprav váženého vozidla do snímačov zaťaženia. Zabezpečenie mobility váhy som riešil skrutkovým spojom čo bolo v tomto prípade najjednoduchšie riešenie a dokonale splnilo svoj účel. Váha obsahuje všetky potrebné konštrukčné prvky k tomu, aby mohla spoľahlivo, presne vykonávať svoju funkciu.

Ako so už spomínal váhu zo železobetónu som nenavrhol nakoľko do tejto problematiky absolútne nevidím. Musím však uznať, že tento typ konštrukcie sa pre danú úlohu hodí viac a to jak z hľadiska ekonomického tak z hľadiska jednoduchosti konštrukčného návrhu váhy.

Pri kreslení výkresovej dokumentácie nenastali žiadne vážnejšie problémy. Vo výkresoch nie sú žiadne údaje o polotovaroch a hmotnostiach. Dôvodom je, že súkromný výrobca tejto váhy si robí vlastnú výkresovú dokumentáciu spracovanú na základe mojej.

Navrhnutá váha je v súčasnosti už v prevádzke a podľa doterajších informácií funguje bez akýchkoľvek problémov.

## 12 Zoznam použitej literatúry:

- [1] Schenck spol. s.r.o. *Průmyslová vážicí technika*. Praha : A. F. BKK, 2000. 71 s.
- [2] TYBOR, Josef. *Váhy automatické a speciální*. 2. doplnené vydanie. Praha : SNTL - Nakladatel'stvo technickej literatury, 1974. 190 s.
- [3] LEINVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel. *Strojnicke tabulky*. 2. doplnené vydanie. Praha : Albra - pedagogické nakladatelství, 2005. 907 s. ISBN 80-7361-011-6.
- [4] SOKOLÍK, Andrej; ZEMKO, Štefan. *Betónové mosty*. 1. vydanie. Nitra : ALFA, 2005. 212 s. 63-737-84.
- [5] HRDOUŠEK, Vladislav. *Betonové mosty 2*. 1. vydanie. Praha : ČVUT, 2005. 104 s. ISBN 80-01-03321-X.
- [6] KALÁB, Kvetoslav, *Části a mechanismy strojů pro bakaláře-část spojovací*. Ostrava : VŠB, 2005 ISBN 978-80-248-1290-8
- [7] KLETEČKA, Jaroslav; FOŘT, Petr. *Technické kreslení*. 1. vydanie. Brno : CP Books, 2005. 252 s. ISBN 80-251-0498-2.
- [8] *Tenzováhy, s.r.o* [online]. 2009 [cit. 2010-05-31]. Mostové silniční váhy pro zjištění celkové hmotnosti vozidla. Dostupné z WWW: <<http://www.tenzovahy.cz/silnicni-mostova-vaha>>.
- [9] *VAHY SEVAZ - Mostové váhy* [online]. 2007 [cit. 2010-05-31]. Cestné mostové váhy s oceľovou konštrukciou typ PMO. Dostupné z WWW: <[http://www.sevaz.sk/vahy/index.php?id=mv\\_ocel](http://www.sevaz.sk/vahy/index.php?id=mv_ocel)>.
- [10] *Tenzona, s.r.o.* [online]. 2008 [cit. 2010-05-31]. Silniční váhy. Dostupné z WWW: <<http://www.tenzona.cz/prumyslove-vahy/silnicni-vahy>>.
- [11] *Základné parametre a pracovné podmienky* [online]. 2008 [cit. 2010-05-31]. Definície parametrov tenzometrických snímačov sily. Dostupné z WWW: <[http://www.emsyst.sk/Podpora/Definicie\\_parametrov\\_TSS.htm](http://www.emsyst.sk/Podpora/Definicie_parametrov_TSS.htm)>.
- [12] *ThyssenKrupp Ferostav* [online]. 2008 [cit. 2010-05-31]. Valcované profily dlhé. Dostupné z WWW: <<http://www.ferostav.sk/vpd.php>>.
- [13] *BOGNER Edelstahl* [online]. 2008 [cit. 2010-05-31]. Podlahové protišmykové plechy. Dostupné z WWW: <<http://www.bogner.co.at/index.php?th=64&sb=20&lg=sk>>.
- [14] *Interma, a.s* [online]. 2008 [cit. 2010-05-31]. CENÍK BETONOVÝCH SMĚSÍ . Dostupné z WWW: <<http://www.interma.cz/zobraz.php?tar=panelarnacenik&sekce=4>>.
- [15] *Xanadu* [online]. 2009 [cit. 2010-05-31]. Autodesk Inventor. Dostupné z WWW: <<http://www.xanadu.cz/inventor#AI>>.

- [16] *LESYCO a.s.* [online]. 2007 [cit. 2010-05-31]. Silniční mostové váhy. Dostupné z WWW: <<http://www.lesyco.com/>>.
- [17] *LIBRA - Váhy* [online]. 2010 [cit. 2010-05-31]. Cestné váhy - Nadúrovňové. Dostupné z WWW: <<http://www.libra-vahy.sk/produkty.php?sel=2&=25&subpart=10>>.
- [18] *METTLER TOLEDO* [online]. 2009 [cit. 2010-05-31]. 0782 / GD - stainless steel, IP68 . Dostupné z WWW: <[http://sk.mt.com/sk/sk/home/products/Industrial\\_Weighing\\_Solutions/load\\_cells\\_and\\_weigh\\_modules/canister\\_ring\\_LC/0782\\_GD.html](http://sk.mt.com/sk/sk/home/products/Industrial_Weighing_Solutions/load_cells_and_weigh_modules/canister_ring_LC/0782_GD.html)>.

## 13 Prílohy:

### **Prílohy A:** Výkresová dokumentácia

- výrobný výkres BRI-340-01
- výrobný výkres BRI-340-02
- podzostava BRI-340-11A
- podzostava BRI-340-11B
- podzostava BRI-340-12
- podzostava BRI-340-13
- podzostava BRI-340-21A1
- podzostava BRI-340-21A2
- podzostava BRI-340-22B1
- podzostava BRI-340-22B2
- zostava BRI-340-31
- zostava BRI-340-31

### **Prílohy B:**

- B1 Rezortná kvalifikácia TATRY 815
- B2 Kompletná výkresová dokumentácia na CD nosiči
- B3 Výrobná dokumentácia váhy zo železobetónu